

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**

**CARRERA:**  
**INGENIERÍA MECÁNICA**

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:**  
**INGENIERA MECÁNICA E INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**  
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AGITADOR SEMIAUTOMÁTICO DE  
DOBLE HÉLICE PARA UNA MARMITA DE MOSTO DE MORTIÑO DE 1000  
LITROS DE CAPACIDAD, PARA LA PARROQUIA DE QUINTICUSIG,  
PROVINCIA DE COTOPAXI

**AUTORES:**  
JANIO EDUARDO BUSTILLOS ALVAREZ  
GRACE CAROLINA OBANDO TAPIA

**TUTOR:**  
MILTON SALOMÓN JAMI LEMA

Quito, marzo del 2021

## **CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**

Nosotros Janio Eduardo Bustillos Alvarez y Grace Carolina Obando Tapia, con documento/s de identificación N° 1718248709 y N° 1726676172, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo de titulación titulado: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AGITADOR SEMIAUTOMÁTICO DE DOBLE HÉLICE PARA UNA MARMITA DE MOSTO DE MORTIÑO DE 1000 LITROS DE CAPACIDAD, PARA LA PARROQUIA DE QUINTICUSIG, PROVINCIA DE COTOPAXI, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánica e Ingeniera Mecánica, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, marzo del 2021.



Janio Eduardo Bustillos Alvarez

C.I.: 1718248709



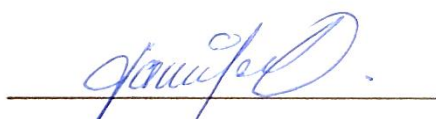
Grace Carolina Obando Tapia

C.I.: 1726676172

## **CARTA DE DECLARATORIA DE COAUTORÍA DEL DOCENTE TUTOR**

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el proyecto técnico, DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN AGITADOR SEMIAUTOMÁTICO DE DOBLE HÉLICE PARA UNA MARMITA DE MOSTO DE MORTIÑO DE 1000 LITROS DE CAPACIDAD, PARA LA PARROQUIA DE QUINTICUSIG, PROVINCIA DE COTOPAXI, realizado por Janio Eduardo Bustillos Alvarez y Grace Carolina Obando Tapia, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerado como trabajo final de titulación.

Quito, marzo del 2021



Milton Salomón Jami Lema

Cédula de identidad: 1707254171

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de titulación, se lo dedico con mucho cariño a Dios, por brindarme la capacidad e inteligencia para salir adelante en todas las circunstancias que se me han presentado a lo largo de mi vida estudiantil; a mis padres Janio y Cristina, al igual que a mis hermanos Anita, Feli y Joaquincito, por su apoyo incondicional y ser el faro que siempre marco mi norte a pesar de la distancia; a mis abuelitos, personas por las cuales logré convivir con el extenuante proceso de estudiar lejos de mi hogar; a mis familiares y amigos, por su comprensión al no poder compartir con ellos momentos muy importantes; y en especial a una persona sin la cual este sueño no se hubiese cumplido, a Carito Obando, por ser quien me motivo e impulso con su paciencia, nobleza y sobre todo su amor incondicional, a salir adelante en todo momento, a través de sus consejos y enseñanzas.

**Janio Eduardo Bustillos Alvarez**

Este trabajo le dedico con mucho amor a Dios, por bendecirme en cada paso y permitirme cumplir esta meta; a mi padre Leonardo, por ser mi fortaleza, un hombre fuerte, valiente al apoyarme en cada decisión que he tomado y me ha formado como la mujer que ahora soy; a mi madre Liz, por cuidarme, protegerme y nunca dejarme sola ni en la más fuerte tormenta; a mis hermanas, Andrea, por ser mi compañera de infancia, aventuras, alegrías y orgullo, Leonela, mi pequeña alegría, fortaleza, amor y apoyo incondicional; a mis abuelitos Fidel, Dolores y Gloria porque nunca me faltó sus bendiciones, amor y palabras de aliento para seguir adelante y nunca darme por vencida; a mi abuelito Fausto, mi angelito que me cuidó y nunca me dejó sola, de quien siento su amor desde el cielo; a mi tío Anwuarth por brindarme su apoyo incondicional, siendo como un padre, al nunca dejarme sola y desprotegida, creyendo siempre en mí; a mis familiares y amigos por estar a mi lado con su apoyo, amor y sus mejores deseos; finalmente a mi Janio Bustillos, mi compañero ideal en el transcurso de esta aventura, en donde las adversidades las transformamos en fortalezas para lograr de la mano este sueño juntos, quien con su amor, ternura, apoyo, paciencia y su alegría, transformó esta aventura en algo excepcional.

**Grace Carolina Obando Tapia**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a la Universidad Politécnica Salesiana, autoridades y su prestigioso cuerpo de docentes de la carrera de Ingeniería Mecánica, por compartir sus conocimientos y experiencias en esta etapa de formación académica. A los ingenieros Homero Yanchapaxi y Milton Jami, por su guía y dedicación en este proyecto a pesar de las circunstancias que se presentaron por los problemas que atravesó el país y el mundo. A la empresa comunitaria “Perla Andina”, por permitirnos implementar el trabajo técnico en bien de su comunidad.

## ÍNDICE GENERAL

GLOSARIO .....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
ANTECEDENTES.....	1
Objetivo general .....	1
Objetivos específicos.....	1
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>2</b>
<b>SITUACIÓN ACTUAL DE LA ORGANIZACIÓN Y PROCESO DE ELABORACIÓN DEL VINO.....</b>	<b>2</b>
1.1    Introducción.....	2
1.2    Comunidad Quinticusig.....	2
1.2.1 Empresa comunitaria “Perla andina” .....	4
1.3    Historia del vino .....	4
1.4    Vino de mortiño, “Perla Andina” .....	5
1.5    Fermentación .....	7
1.5.1 Fermentación alcohólica del vino .....	7
1.5.2 Grado de agitación .....	8
1.6    Mortiño .....	9
1.7    Marmita .....	9
1.8    Agitador.....	10
1.8.1 Partes de un agitador .....	10
1.8.2 Tipos de agitadores .....	16
1.9    Sistemas de control.....	19
1.9.1 Disyuntor o guardamotor .....	20
1.10    Material .....	20
1.10.1 Acero inoxidable AISI 304 .....	20

1.11 Soldadura.....	21
1.11.1 Soldadura GTAW (TIG) .....	21
<b>CAPÍTULO II .....</b>	<b>22</b>
<b>ALTERNATIVAS Y CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL AGITADOR SEMIAUTOMÁTICO .....</b>	<b>22</b>
2.1 Sistema de agitación .....	22
2.1.1 Análisis de alternativas .....	23
2.1.2 Selección de alternativas .....	25
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>27</b>
<b>DISEÑO Y CÁLCULO DEL AGITADOR PARA UNA MARMITA .....</b>	<b>27</b>
3.1 Cálculos para el agitador .....	28
3.1.1 Diámetro del impulsor.....	28
3.1.2 Número de impulsores .....	29
3.1.3 Ancho de la hoja del impulsor .....	29
3.1.4 Distancia de los impulsores con respecto al fondo del tanque.....	29
3.1.5 Número de Reynolds.....	30
3.1.6 Potencia requerida por el agitador.....	31
3.1.7 Selección del motor y caja reductora .....	32
3.1.8 Tasa de circulación interna.....	33
3.1.9 Potencia de cada impulsor.....	35
3.2 Análisis torsional del sistema .....	35
3.3 Diseño del eje .....	38
3.4 Diseño de buje, manzanas y bridas.....	46
3.5 Diseño del espesor de la hoja del impulsor .....	47
3.6 Selección de rodamientos .....	48
3.6.1 Cojinete A .....	48
3.6.2 Cojinete B .....	53

3.7	Cálculo de soldadura .....	54
3.8	Cálculo de bastidor .....	59
3.9	Cálculo de chaveta.....	64
<b>CAPÍTULO IV .....</b>		<b>67</b>
<b>ANÁLISIS DE LOS COSTOS DEL PROYECTO .....</b>		<b>67</b>
4.1	Análisis de costos .....	67
4.1.1	Costos directos .....	67
4.1.2	Costos indirectos .....	69
4.1.3	Costos totales .....	70
4.2	Análisis económico .....	71
4.2.1	Costo de depreciación .....	71
4.2.2	Rentabilidad del proyecto .....	71
CONCLUSIONES .....		75
RECOMENDACIONES .....		76
REFERENCIAS.....		77



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Comunidad Quinticusig .....	2
<b>Figura 2.</b> Vino tinto de mortiño “Perla Andina” .....	6
<b>Figura 3.</b> Proceso de elaboración del vino de mortiño.....	7
<b>Figura 4.</b> Racimo de mortiño. ....	9
<b>Figura 5.</b> Partes de un agitador.....	11
<b>Figura 6.</b> Sección de motor eléctrico .....	11
<b>Figura 7.</b> Reductor de velocidad coaxial.....	13
<b>Figura 8.</b> Reductor de tornillo sin fin ortogonal. ....	13
<b>Figura 9.</b> Cojinete.....	14
<b>Figura 10.</b> Hélice de 3 palas perfiladas .....	15
<b>Figura 11.</b> Buje mecánico .....	15
<b>Figura 12.</b> Brida .....	15
<b>Figura 13.</b> Patrón de flujo de un impulsor de doble hélice, de pala inclinada .....	16
<b>Figura 14.</b> Agitador de hélice.....	17
<b>Figura 15.</b> Tipos de hélice.....	17
<b>Figura 16.</b> Agitador de paleta.....	18
<b>Figura 17.</b> Agitadores de palas con 2 o 3 impulsores .....	18
<b>Figura 18.</b> Variantes de agitadores de paleta .....	18
<b>Figura 19.</b> Impulsor de agitador tipo turbina .....	19
<b>Figura 20.</b> Tipos de agitadores de turbina.....	19
<b>Figura 21.</b> Esquema de control y mando.....	20
<b>Figura 22.</b> Guardamotor Schneider magneto térmico .....	20
<b>Figura 23.</b> Soldadura GTAW.....	21
<b>Figura 24.</b> Bosquejo de Alternativa A.. ....	23
<b>Figura 25.</b> Bosquejo Alternativa B.. ....	24
<b>Figura 26.</b> Bosquejo Alternativa C.. ....	25
<b>Figura 27.</b> Esquema de variables dimensionales .....	27
<b>Figura 28.</b> Espacio recomendado para los impulsores.....	28
<b>Figura 29.</b> Número de Reynolds vs. Número de potencia. ....	31
<b>Figura 30.</b> Potencia y velocidades estándar para agitadores .....	32
<b>Figura 31.</b> Pérdidas en un motor eléctrico .....	32
<b>Figura 32.</b> Número de Reynolds vs. Número de Flujo. ....	34
<b>Figura 33.</b> Centroide hélice .....	36

<b>Figura 34.</b> Bosquejo de fuerzas hidroésáticas en el impulsor .....	36
<b>Figura 35.</b> Diagrama de torsión. ....	37
<b>Figura 36.</b> Diagrama de cuerpo libre del eje .....	40
<b>Figura 37.</b> Fuerza Cortante.....	41
<b>Figura 38.</b> Momento flector. ....	41
<b>Figura 39.</b> Deflexión .....	41
<b>Figura 40.</b> Diámetro ideal. ....	42
<b>Figura 41.</b> Puntos críticos del eje .....	44
<b>Figura 42.</b> Recomendaciones de vida de cojinetes .....	48
<b>Figura 43.</b> Factores de aplicación de carga. ....	49
<b>Figura 44.</b> Dimensiones rodamiento. ....	50
<b>Figura 45.</b> Factores de carga radial equivalente para cojinetes de bolas .....	51
<b>Figura 46.</b> Dimensiones rodamiento UC205.....	53
<b>Figura 47.</b> Factores geométricos para el análisis de soldadura .....	55
<b>Figura 48.</b> Dimensiones de la garganta en juntas soldadas .....	57
<b>Figura 49.</b> Tamaños mínimos de soldadura en filetes.....	58
<b>Figura 50.</b> Perfil C de bastidor. ....	59
<b>Figura 51.</b> Momento generado por la carga sobre el bastidor.....	60
<b>Figura 52.</b> Dimensiones chaveta y chavetero.....	64

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Composición química AISI 304.....	21
<b>Tabla 2.</b> Propiedades Mecánicas AISI 304. ....	21
<b>Tabla 3.</b> Evaluación de alternativas .....	26
<b>Tabla 4.</b> Resumen de evaluación de alternativas.....	26
<b>Tabla 5.</b> Propiedades del mosto de mortíño .....	27
<b>Tabla 6.</b> Propiedades de la marmita de Quinticusig.....	27
<b>Tabla 7.</b> Costos de materia prima y materiales normalizados.....	67
<b>Tabla 8.</b> Costos de uso de maquinaria.....	68
<b>Tabla 9.</b> Costos de mano de obra .....	69
<b>Tabla 10.</b> Costos directos totales.....	69
<b>Tabla 11.</b> Costo del transporte.....	70
<b>Tabla 12.</b> Costo de imprevistos .....	70
<b>Tabla 13.</b> Costos totales de los imprevistos .....	70
<b>Tabla 14.</b> Costos totales de la construcción e implementación.....	70
<b>Tabla 15.</b> Detalle de indicadores .....	73

## GLOSARIO

**Agitación:** la agitación se refiere a forzar un fluido por medios mecánicos para que adquiera un movimiento circulatorio en el interior de un recipiente [1].

**Coaxial:** objeto que con respecto a otro posee un eje en común [2]

**Floculación:** es la capacidad de una levadura en consumir alcohol [3].

**Flujo laminar:** es aquel en el que las partículas se desplazan en capas paralelas, o láminas, sin invadir el camino de las otras partículas [4].

**Flujo Turbulento:** es aquel en el que hay fluctuaciones en el flujo todo el tiempo y las partículas invaden la trayectoria de las partículas adyacentes, mezclándose y desplazándose de una manera aleatoria [4].

**Graduación alcohólica (GL):** el valor de la expresión de los grados Gay Lussac (GL) de una bebida representa en términos porcentuales la cantidad de alcohol presente en una bebida alcohólica, siendo el 100% el volumen total de la bebida [5].

**Levadura:** son un conjunto diverso de hongos, por lo general microscópicos y unicelulares, capaces de iniciar los procesos de fermentación de distintas sustancias orgánicas [6].

**Mosto:** zumo o jugo extraído de la fruta, que se lo fermenta, para elaborar vino [7].

**Pertinencia:** vocablo que instituye el grado de necesidad e importancia de un proyecto dentro del ámbito en el que se lleva acabo, además de establecer si es adecuado e idóneo su aplicación [8].

**Taninos:** son compuestos fenólicos que poseen propiedades astringentes y antiinflamatorias, por lo tanto, son muy útiles ante diarrea o gastroenteritis, se pueden encontrar en el vino tinto, las uvas, el té, el café, las espinacas, la granada, membrillo o manzana [9].

**Vid:** planta vivaz y trepadora de la familia de las vitáceas, con tronco retorcido, vástagos muy largos, flexibles y nudosos, cuyo fruto es la uva. [10]

**Viñedo:** es un terreno plantado de vides. [11]

**Viscosidad:** es la resistencia que poseen ciertas sustancias a desplazarse, fluir o a sufrir deformaciones por agentes externos, esta es una propiedad de todos los fluidos [12].

**Vórtice:** es un flujo que rota en sentido de espiral, como un remolino o un torbellino [13].

## RESUMEN

El presente proyecto de diseño e implementación de un sistema de agitación, se lo realizó en la empresa comunitaria “Perla Andina” de la comunidad de Quinticusig, cantón Sigchos, la cual posee una marmita de mil litros de capacidad encargada de la fermentación del vino de mortiño, en donde existe un diferente grado de fermentado entre la parte superior e inferior del recipiente, teniendo el riesgo de que la mezcla no cumpla con las características idóneas. Para que el proyecto cumpla con su propósito tuvo que atravesar un proceso dividido en cuatro capítulos.

En el primer capítulo con base a una investigación oral y bibliográfica, se estableció la situación de la empresa comunitaria “Perla Andina”; la historia y el proceso de elaboración del vino de mortiño, enfocándose en la fermentación de este; de igual manera se establecieron los elementos que componen a un sistema de agitación, considerando el material de construcción, sistemas de control y soldadura. A continuación, en el segundo capítulo, se seleccionó el agitador más viable entre tres alternativas, tomando en consideración la teoría mostrada en el capítulo uno y parámetros fundamentales para el diseño e implementación de este. Una vez seleccionado el tipo de agitador, en el tercer capítulo, se diseñaron los elementos mecánicos que componen el sistema de agitación, los cuales fueron: impulsores, eje, buje, manzanas, bridas, bastidor y chavetas, estableciendo factores de seguridad adecuados; así mismo se seleccionaron los rodamientos, soldadura y los elementos del sistema de potencia, tales como: motor y caja reductora. Después del diseño, en el cuarto capítulo, se realizó un estudio económico, en donde se determinaron los costos totales del proyecto, estableciendo la rentabilidad, viabilidad y tiempo de recuperación de la inversión.

Finalmente, se implementó un agitador vertical inclinado a  $18^\circ$  con dos impulsores tipo paleta con inclinación de  $20^\circ$ , el mismo que ayudó a que la mezcla se desplace hacia la parte superior, reduciendo el tiempo de fermentación y aumentando la capacidad de producción en un 30% por cada lote. Este sistema es accionado por un motor monofásico de 0,5HP, el cual es controlado por un sistema semiautomático ON-OFF a 17 rpm.

**Palabras claves:** agitador, fermentación, implementación, marmita, mortiño

## ABSTRACT

The present project for the design and implementation of a stirring system was carried out in the community company "Perla Andina" in the Quinticusig community, Sigchos canton, which has a thousand-liter kettle in charge of fermenting wine from mortiño, where there is a different degree of fermentation between the upper and lower part of the container, having the risk that the mixture does not meet the ideal characteristics. For the project to fulfill its purpose, it had to go through a process divided into four chapters.

In the first chapter, based on an oral and bibliographic investigation, the situation of the community company "Perla Andina" was established; the history and the process of making mortiño wine, focusing on its fermentation; Similarly, the elements that make up a stirring system were established, considering the construction material, control systems and welding. Next, in the second chapter, the most viable agitator was selected among three alternatives, taking into consideration the theory shown in chapter one and the fundamental parameters for its design and implementation. Once the type of agitator was selected, in the third chapter, the mechanical elements that make up the agitation system were designed, which were: impellers, shaft, bushing, blocks, flanges, frame and keys, establishing adequate safety factors; Likewise, the bearings, welding and the elements of the power system were selected, such as: motor and gearbox. After the design, in the fourth chapter, an economic study was carried out, where the total costs of the project were determined, establishing the profitability, viability and recovery time of the investment.

Finally, a vertical stirrer inclined at  $18^\circ$  was implemented with two paddle-type impellers with an inclination of  $20^\circ$ , the same one that helped to move the mixture towards the top, reducing the fermentation time and increasing the production capacity in a 30% for each batch. This system is driven by a 0.5HP single-phase motor, which is controlled by a semi-automatic ON-OFF system at 17 rpm.

**Keys words:** fermentation, implementation, mortiño, stirrer, storage tank

## **ANTECEDENTES**

### **Planteamiento del problema**

En la empresa comunitaria “Perla Andina” ubicada en la comunidad Quinticusig, se elabora vino tinto de mortiño. Para el proceso de fermentación del mismo, se utiliza una marmita de 1000 litros de capacidad, la cual, según Segundo Alfonso, encargado del área de producción y Wilson Catota, gerente de la empresa, no se realiza por igual en todo el volumen del tanque, dando como resultado que únicamente la parte inferior tome el grado alcohólico necesario y en la parte superior el azúcar, agua y levaduras permanecen tal y como se introdujeron al inicio del proceso, lo que genera pérdida del producto. Para resolver este problema se plantea la implementación de un sistema de agitación en el interior de la marmita.

### **Justificación del proyecto**

El proyecto de diseño e implementación del agitador semiautomático en el interior de la marmita, busca acortar el tiempo en el proceso de fermentación y obtener una mezcla homogénea en todo su volumen y alivianar el trabajo de los operadores de la marmita.

### **Objetivo general**

Diseñar e implementar un agitador semiautomático de doble hélice para una marmita de mosto de mortiño de 1000 litros de capacidad, para la parroquia de Quinticusig, provincia de Cotopaxi.

### **Objetivos específicos**

- Determinar el proceso de fermentación del vino de mortiño utilizado en la empresa comunitaria “Perla Andina”, ubicada en la provincia de Cotopaxi.
- Seleccionar la alternativa más viable de un agitador que cumpla los requisitos necesarios tanto económicos como operativos, para acortar el tiempo de fermentado en el interior de la marmita.
- Diseñar la estructura y elementos que conforman el agitador, verificando su factor de seguridad por medio de un software para diseño mecánico.
- Validar el comportamiento del agitador modificando las variables velocidad de giro, tiempo de accionamiento e intervalo de funcionamiento.
- Establecer el impacto económico de la implementación del agitador en el proceso global de obtención de vino de mortiño.

# **CAPÍTULO I**

## **SITUACIÓN ACTUAL DE LA ORGANIZACIÓN Y PROCESO DE ELABORACIÓN DEL VINO**

### **1.1 Introducción**

En la cordillera occidental se encuentra la comunidad Quinticusig del cantón Sigchos, perteneciente a la provincia de Cotopaxi, existe un fruto endémico de los páramos ecuatorianos, llamado mortiño, el cual es muy utilizado por sus moradores, especialmente en el día de los difuntos para la elaboración de la colada morada. En la actualidad, debido a la versatilidad de la fruta se lo emplea también para la elaboración de jugos, mermeladas y dulces.

Los habitantes de ese sector fundaron la empresa comunitaria “Perla Andina”, con el fin de darle un uso diferente al mortiño, mediante la elaboración de vino tinto, para esto se utiliza varios recipientes, entre los cuales, se encuentra una marmita de 1000 litros de capacidad, en donde el proceso de fermentado no se realiza de manera uniforme en todo su volumen, por lo que, la parte superior e inferior poseen un diferente grado de fermentación y la mezcla tarda más tiempo en fermentarse.

Con la implementación de un agitador en el interior de la marmita, se acortará el tiempo en el proceso de fermentación y se obtendrá una mezcla homogénea en todo su volumen. Esto permitirá reducir el trabajo de los operadores y obtener un vino de mejor calidad.

### **1.2 Comunidad Quinticusig**



**Figura 1.** Comunidad Quinticusig [14].



Quinticusig, es una comunidad localizada a media hora de su cabecera cantonal Sigchos, de la provincia de Cotopaxi, a una altitud de 3080 msnm, la misma está formada por grandes paisajes como se observa en el Figura 1, recursos y una calidad humana entregada por su gente, los cuales día a día trabajan por su tierra y por el desarrollo de su comunidad, está conformada por 86 familias de comuneros cuyos miembros en su mayoría son personas de la tercera edad, debido a que, la población joven tuvo que emigrar a las grandes ciudades del Ecuador como: Quito, Guayaquil, Latacunga y Ambato; en busca de oportunidades de superación, empleo, estudios y demás factores.

Los habitantes de la comunidad en un principio se dedicaban a la agricultura, sin embargo, esta no generaba los ingresos económicos suficientes para un desarrollo estable de la población, por lo que, optaron en utilizar al mortiño, fruta representativa del sector, en la producción de vino artesanal.

Inicialmente, los moradores por el desconocimiento del proceso que abarca la elaboración de vino, tanto productivo como legal, no prestaban la atención debida para su desarrollo y únicamente en algunos casos lo realizaban de manera artesanal, hasta febrero del 2015, cuando la idea de crear una empresa de sociedad anónima surge entre los comuneros, la misma que tardo entre 3 a 4 meses en socializarse, para finalmente optar por la creación de una empresa comunitaria a cargo de 45 personas, la cual, para ese entonces era más conveniente, con las mismas obligaciones que una compañía, esta empresa comunitaria llamada “Perla Andina”, se estableció a través de un préstamo a cargo de los socios y sin el apoyo de alguna entidad pública o privada. En el transcurso de la formación de la empresa obtuvieron apoyo por parte de tres universidades, dos de ellas dedicadas a capacitaciones y la Universidad Politécnica Salesiana, a través de proyectos técnicos que han favorecido al desarrollo industrial de la empresa.

En la actualidad, debido al desarrollo que ha tenido la comunidad de Quinticusig, existen dos emprendimientos dedicados a la elaboración de vino de mortiño, un emprendimiento privado y el emprendimiento comunitario “Perla Andina”.

### **1.2.1 Empresa comunitaria “Perla andina”**

Por la evidencia oral proporcionada por el señor Diego Catagña administrador del proyecto del vino “Perla Andina” se conoce que, a partir del 2016 en la comunidad de Quinticusig del cantón Sigchos, provincia de Cotopaxi se crea la empresa comunitaria “Perla Andina”, la cual actualmente está formada por 45 comuneros, cuyas edades oscilan entre 45, 50 y hasta 80 años de edad, cada uno de ellos ejerce una función dentro de la empresa, desde la recolección del mortiño, producción de vino, hasta la comercialización.

Del proceso de recolección de mortiño se encargan más del 80% de los comuneros asociados, en un principio, lo realizaban cada 4 a 5 meses paulatinamente en los páramos de la comunidad de Quinticusig de forma manual, sin afectar la biodiversidad de su ecosistema. En la actualidad, el producto no abastece a la capacidad de producción, lo que ocasiona que la empresa tenga que comprar mortiño a otras comunidades de sectores aledaños.

Así mismo, el área de producción está a cargo de un grupo de planta, este está integrado por 5 o 6 personas, dependiendo de la necesidad o la carga de producción en la que se encuentren. Estas personas se encargan de todas las funciones dentro del proceso de producción del vino de mortiño, las mismas que están a cargo del señor Segundo Alfonso, el cual dirige y designa las actividades que se llevarán a cabo. De este modo tratan de ser más prolijos y escépticos, con el fin de tener un proceso con los estándares de calidad correspondientes, y a su vez erradicar la fuga de información hacia empresas competidoras.

En el proceso de producción, existía un porcentaje de materia prima que no era aprovechado al no cumplir con la calidad necesaria para la elaboración del vino de mortiño, la misma que era desechada, sin embargo, en la empresa hubo la iniciativa de usar este material para realizar infusiones, el cual se suma a otros dos productos elaborados en la empresa que son: la mermelada y el helado de mortiño; los mismos que por el momento son únicamente comercializados dentro de la localidad.

### **1.3 Historia del vino**

Según Valencia [15] la antigüedad del vino remonta desde hace 3000 años antes de nuestra era, a través del tiempo los griegos y romanos hicieron del vino un artículo de

comercio, con lo cual extendieron el cultivo de la uva por Europa y el mediterráneo. Durante la edad media, hubo poca cantidad de vino y falta de aprecio por el mismo, sin embargo, las ordenes monásticas mantuvieron el cultivo de la uva y también el comercio internacional. Gracias a la revolución científica e industrial, se vive actualmente en la “era dorada” de los vinos, en lo que respecta a la calidad y disponibilidad de estos [15].

La cultura vitivinícola se introduce en América Latina con la llegada de los españoles, con el propósito de satisfacer la demanda de vino que había por parte de los estos y los criollos [16].

Al Ecuador llega de la mano del capitán Alonso de Bastidas quien sembró la primera vid en territorio ecuatoriano [16], en 1860 llega a Ambato una nueva era de la vinificación, cuando el Dr. Nicolás Martínez Vásconez siembra nuevamente viñedos traídos desde Francia e importa maquinaria desde Europa convirtiéndolo en el primero en realizar el proceso de la vinificación de manera industrial hasta el año de 1930 [16].

En el año de 1994 el estadounidense Dick Handal compra una propiedad en Yaruquí, donde comienza la producción de vino como un pasatiempo, tras conseguir resultados altamente satisfactorios decide hacerlo de manera comercial a lo que le suma la llegada de 35 cepas desde California. Handal crea la primera bodega y productora de vino fino ecuatoriano llamada Chaupi Estancia Winery, con su vino Palomino Fino, con el cual tuvo grandes éxitos [16].

Actualmente, el Ecuador ha crecido en cuanto a producción y cultura vitivinícola, los productores, importadores, somelliers, enólogos y personas interesadas en el vino, han logrado que los ecuatorianos se involucren con ella [16], de tal manera que, en sectores de la sierra, como en la comunidad de Quinticusig han innovado con el vino de mortiño.

#### **1.4 Vino de mortiño, “Perla Andina”**

El producto estrella de la empresa comunitaria “Perla Andina”, localizada en Quinticusig, es el vino tinto “Perla Andina”, elaborado a base de mortiño, con una vigencia promedio de 8 meses [17], el mismo tiene una presentación de 750cc con un logotipo elegante y sobrio, como se muestra en la Figura 2; este producto cuenta con registro sanitario y los permisos para su comercialización correspondientes, que hasta

el 2018, según la Revista Lideres [18] se comercializaba a 7 USD y su producción osciló mensualmente entre 700 y 1000 botellas.

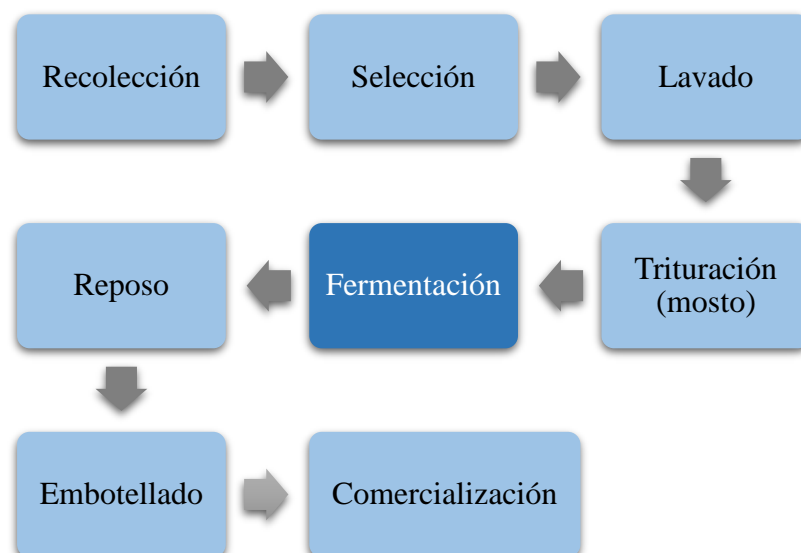


**Figura 2.** Vino tinto de mortiño “Perla Andina” [18].

Miembros de la empresa, preocupados por la mejora continua, buscaron asesoría por parte de la Cofradía del vino en febrero del 2019, la cual expuso que, hasta ese momento, la bebida que elaboraban no era vino, debido a que esta no tenía el grado alcohólico, ni la madurez suficiente para designarlo como tal, más bien para ellos, a la bebida se la podía denominar vino tierno o sangría.

Las personas responsables de la comercialización del producto pertenecientes a la empresa comunitaria, se encargan de la distribución del vino tinto, por lo general, con sus familias y dentro de la ciudad de Sigchos, debido a inconvenientes logísticos que estos poseen con respecto al transporte, ya que en esta localidad no existe un sistema de movilización fijo, motivo por el cual el producto no ha podido salir a las grandes ciudades en cantidades representativas, sin embargo miembros de la empresa se encuentran en el proceso para establecer vínculos comerciales con cadenas de distribución de mayor alcance.

A continuación, en la Figura 3 se presenta el proceso para la elaboración del vino de mortiño “Perla Andina”, el cual consta de varias etapas importantes, este trabajo se enfocará en el proceso de fermentación, el mismo que se lo realiza en el interior de una marmita de 1000 litros de capacidad.



**Figura 3.** Proceso de elaboración del vino de mortiño. **Elaborado por:** Janio Bustillos & Carolina Obando

### 1.5 Fermentación

Con la fermentación se conservan los alimentos debido al alcohol y a los ácidos producidos, con ello se forman diversos compuestos encargados de dar sabores, aromas y texturas, como los ésteres y los aldehídos que componen el aroma del vino [19].

Existen varios tipos de fermentación según el microorganismo, el sustrato y las condiciones, los mismos son detallados en el Anexo 1. Este trabajo se enfocará en la fermentación alcohólica, la cual es la encargada de la elaboración de vinos.

#### 1.5.1 Fermentación alcohólica del vino

Previo al enfoque directo acerca de este tipo de fermentación, es interesante acotar que la empresa comunitaria “Perla Andina”, en sus inicios elaboraba el vino con levaduras de pan, las mismas que no permitían una fermentación adecuada, debido a que, estas no lograban llegar a una temperatura óptima para generar el grado alcohólico deseado, dando como resultado un vinagre de mortiño en lugar del vino esperado, sin embargo por la gestión realizada por miembros de la empresa, se logró conseguir las levaduras adecuadas en el vecino país de Colombia, las cuales permitieron que el producto final posea las características de un vino tinto.

La fermentación puede desarrollarse en distintos recipientes, generalmente el vino se fermenta en depósitos de acero Inoxidable, hormigón o barro. Así mismo existen vinos que se fermentan en las propias barricas o dentro de la botella [20].

La fermentación alcohólica es el proceso en donde se fermenta el mosto [21], el cual es un líquido espeso que está compuesto por un 80% de agua y el resto de los azúcares, ácidos y sales minerales [22], los mismos que son extraídos de un fruto; para el caso del vino “Perla Andina”, en el interior de una marmita de 1000 litros, se mezclan 800 litros de agua con 230 libras de mortuño triturado, levadura y azúcar.

El proceso de fermentación consiste en la transformación de los azúcares del fruto en alcohol etílico, por la acción de las levaduras que se encuentran en la piel del fruto, sin embargo, de este proceso también se obtiene dióxido de carbono, por el cual el vino pareciera estar hirviendo, de igual manera se liberan sustancias como el glicerol, el ácido succínico, el ácido acético y alcoholes superiores que pueden influir en la calidad final de un vino [21].

La fermentación del vino es influenciada por la temperatura, la concentración de taninos, el grado alcohólico, la agitación y las condiciones de las instalaciones [22].

En el caso de la fermentación que se realiza en el interior de la marmita de 1000 lt de capacidad, que se encuentra en la planta de producción de Perla Andina, el tiempo promedio de fermentación es de 4 meses aproximadamente.

### **1.5.2 Grado de agitación**

La agitación en el proceso de fermentación consiste en suspender de manera homogénea los microorganismos en el sitio en donde se encuentran los nutrientes [23].

En la fermentación el grado de agitación es un parámetro significativo, SDM [24] establece un rango comprendido entre 0 y 10, el mismo que es proporcional a la relación entre el caudal del impulsor y la sección de tanque [25]. La escala de intensidad o grado de agitación se la clasifica de la siguiente manera:

- Rango de 1 a 3, intensidad baja (almacenamiento)
- Rango de 4 a 6, intensidad media (homogeneización)
- Rango de 7 a 9, intensidad fuerte (disolución complicada)
- Rango superior a 10, intensidad violenta

La escala correspondiente al grado de agitación está referida a la velocidad media, de la siguiente manera [24]:

- **Nivel 1:**  $Vm = 0.03 \text{ m/s}$
- **Nivel 2:**  $Vm = 0.06 \text{ m/s}$
- **Nivel 4:**  $Vm = 0.12 \text{ m/s}$
- **Nivel 10:**  $Vm = 0.3 \text{ m/s}$

El proceso de fermentación del vino de mortiño se encuentra en un rango de 2 a 4 de intensidad de agitación según la tabla realizada por [24], mostrada en el Anexo 3, ya que su aplicación es para la floculación.

### 1.6 Mortiño

El mortiño (*Vaccinium Floribundum*) es una planta endémica de los páramos andinos, que crece en climas fríos y templados desde los 1.600 hasta los 4.000 msnm, su temperatura de desarrollo oscila entre los 8 y 17 °C [26]. El mortiño presenta una inflorescencia racimosa de 6 a 10 bayas como se observa en la Figura 4, con un sabor ligeramente agrio [27].

La planta de mortiño es un arbusto ramificado cuya altura puede llegar hasta los 2.5 metros, posee hojas muy pequeñas con el margen aserrado o crenado, con flores de menos de 1 cm, cuyo fruto es una baya esférica de 5 a 8 mm de diámetro de color azul o azul oscuro, de superficie lisa, su etapa de floración ocurre entre los meses de septiembre, octubre y noviembre [28].



**Figura 4.** Racimo de mortiño [29].

### 1.7 Marmita

Es un término de origen francés que proviene de la palabra “marmite”, cuyo significado es “hipócrita”, se las llamó así porque era difícil apreciar su contenido a simple vista [30], dicho término fue establecido por Denis Papin quien fue un médico,

físico, matemático e inventor francés, el cual creó la primera máquina de vapor y la olla de Papin, predecesora de la actual olla de presión [31].

Las marmitas industriales se asemejan a una olla gigante con capacidades diversas de entre 50 y 2000 litros, debido a sus dimensiones, estas deben fijarse al piso para una manipulación práctica y segura. Estos equipos poseen una fuente de calor integrada a su parte inferior y mantienen térmicamente aislado su interior y pueden llegar hasta los 130°C de calentamiento interno [20].

La marmita que posee la empresa comunitaria “Perla Andina” está fabricada de acero inoxidable cuya capacidad es de 1000 litros, con una altura de 1670 mm y un diámetro 890 mm.

## **1.8 Agitador**

Los agitadores son instrumentos utilizados en el sector industrial, su función es agitar y mezclar líquidos o sólidos de baja densidad, con el objetivo de garantizar la homogeneidad de los componentes mezclados, por lo general, se utilizan estos equipos para la obtención de bebidas, cosméticos, detergentes, productos farmacéuticos, resinas, pinturas, entre otros productos [32].

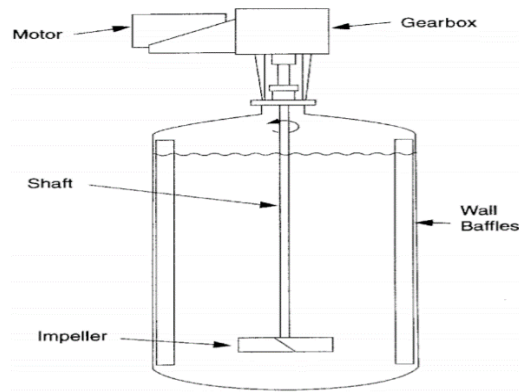
Los agitadores verticales surgieron de la necesidad de controlar las mezclas en tiempo de ejecución o las transmisiones de calor en los reactores, estos evolucionaron modificando y optimizando los perfiles de las palas [33].

Así mismo cuando se desea implementar un agitador en el interior de un tanque, el correcto posicionamiento y la adecuada selección de este son indispensables para lograr una larga vida útil, evitando vibraciones innecesarias y elevados grados de turbulencia [24].

### **1.8.1 Partes de un agitador**

Los agitadores industriales convencionales están formados por los elementos mostrados en la Figura 5, los mismos que pueden estar sujetos a variaciones en su diseño o a su vez poseer elementos adicionales.

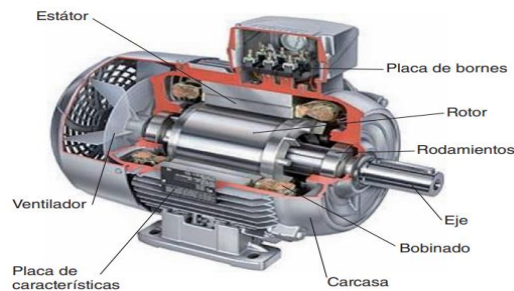




**Figura 5.** Partes de un agitador [34]

### 1.8.1.1 Motor eléctrico

Un motor eléctrico es una máquina que convierte la energía eléctrica en energía mecánica, a través de la creación de campos magnéticos que se oponen entre sí, los cuales se rechazan, de tal manera que el rotor es capaz de girar, en su mayoría estos funcionan con corriente alterna [35] y sus partes principales son las que se observa en la Figura 6.



**Figura 6.** Sección de motor eléctrico [36].

El motor asíncrono de inducción funciona por la acción del flujo giratorio que es generado en el circuito estatórico, sobre las corrientes inducidas del flujo en el circuito del rotor. La acción mutua del flujo giratorio y las corrientes existentes en los conductores del rotor dan origen a las fuerzas electrodinámicas sobre los propios conductores, las cuales generan que el rotor gire [36].

Los motores eléctricos de inducción de corriente alternan asíncronos, se clasifican en los siguientes [36]:

- **Motor monofásico**

El motor monofásico es un equipo que provoca la rotación de su eje al ser alimentado eléctricamente, por lo general se los utiliza cuando no se dispone de una red trifásica

a 380V, en el lugar a instalarse la máquina y se requiere de una baja potencia de hasta 4 kW. Este tipo de motores requiere de un control sencillo, por ejemplo, un control marcha-paro y cambio en el sentido de giro [37]. El motor monofásico más común utilizado en un agitador es el motor de arranque por condensador [34].

La velocidad de giro de un motor monofásico depende del número de polos que este dispone para una frecuencia de red doméstica de 220V. Cuando el motor posee: 2 polos, girará a un valor aproximado de 3000 rpm; 4 polos, girará a un valor aproximado de 1500 rpm; 6 polos, girará a un valor aproximado de 1000 [37].

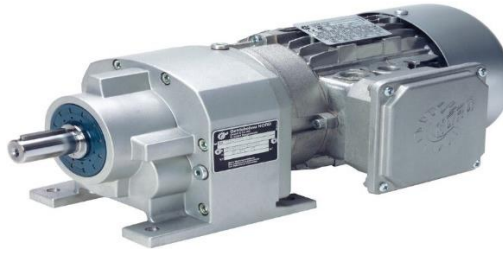
### **1.8.1.2 Reductor de velocidades**

Los reductores de velocidad son sistemas de engranajes que permiten a los motores eléctricos, de explosión u otros, funcionar a velocidades diferentes a las que fueron diseñados [38], variando sus revoluciones por minuto, sin disminuir de manera significativa la potencia, aumentando el par de forma segura y eficaz, ya que en la mayoría de los procesos industriales las velocidades de estos son demasiado altas, según el tipo de industria y proceso en donde se aplicaran estos, se los clasifica en reductores corona de tornillo sin fin, en reductores de velocidad de engranajes, entre otras [39].

La mayoría de los mezcladores portátiles en la industria utilizan reducción por engranajes, mientras que en los mezcladores de entrada lateral se utilizan sistemas de reducción por bandas. A sí mismo, existen mezcladoras que combinan los sistemas de reducción de velocidad, por ejemplo, utilizan sistemas de reducción por engranajes y bandas en conjunto [34].

- **Reductor de velocidad de engranajes (Coaxial)**

Los reductores de velocidad de engranajes, como el coaxial mostrado en la Figura 7, se componen por la unión de un par de engranes, un engranaje pequeño denominado piñón, que se acopla con un engranaje de mayor dimensión y mayor número de dientes. Esta unión permite una velocidad de rotación diferente entre la entrada y la salida, este tipo de reductores ofrecen un mayor rendimiento energético, menor mantenimiento y tamaño [39]. El eje de salida de estos reductores es siempre macizo, por lo que, es necesario acoplar con otros componentes como ruedas dentadas o catalinas para transmitir la fuerza a la máquina [40].



**Figura 7.** Reductor de velocidad coaxial [40].

- **Reductores de velocidad de tornillo sin fin (Ortogonal)**

Un reductor de velocidad de tornillo sin fin consta de una entrada de piñón [41], que actúa como elemento conducido [42] y un engranaje de tornillo sin fin de salida [41], cuya función es ser el elemento motriz [42], de los cuales se obtiene una orientación de salida en ángulo recto [41]. La mayor ventaja de este tipo de reductor es que se pueden hacer grandes reducciones de velocidad con un solo conjunto de engranajes, lo que hace que los reductores de tornillo sin fin sean menos costosos que muchos otros reductores [34].

Los reductores de tornillo sin fin, como el reductor ortogonal que se muestra en la Figura 8, se los utiliza por lo general en lugares con un espacio reducido o a su vez con el fin de ahorrar espacio, su función es disminuir la velocidad nominal del motor y aumentar el par de salida con base a la relación de reducción [41].



**Figura 8.** Reductor de tornillo sin fin ortogonal [43].

Así mismo existen otros sistemas de reducción de velocidad utilizados en la industria como el sistema de catarina y cadena de rodillos.

### 1.8.1.3 Cojinete

Los cojinetes son elementos mecánicos que utilizan bolas o rodillos cilíndricos como se observa en la Figura 9, los cuales están contenidos en anillos o jaulas, que permiten

movimientos de muy baja resistencia al deslizamiento. Los rodamientos de bolas son el tipo más común de rodamientos que absorben cargas radiales y axiales [44].



**Figura 9. Cojinete [45]**

Los cojinetes son propensos a síntomas de falla como el rallado (Brinelling), el rallado falso (False Brinelling) y el desgaste. El rallado o Brinelling es cuando la pista de carrera de un rodamiento se deforma debido a una carga de impacto, mientras que el rallado falso o “false Brinelling” es causado por cargas continuas bajo condiciones estáticas y movimientos oscilantes de los elementos rodantes. Por otro lado, el desgaste se genera debido a una lubricación insuficiente con movimientos oscilatorios. Aquí las bolas se deforman en caso de sobrecarga y derivan en averías del rodamiento. Los rodamientos de rodillos cilíndricos, diseñados para cargas más pesadas, tienen una mayor superficie de contacto con la pista de rodadura, de modo que la carga se distribuye sobre un área mayor [44].

#### **1.8.1.4 Eje de transmisión**

Según la SKF [46], un eje de transmisión es un componente mecánico destinado a transmitir el par y la rotación, son utilizados para conectar otros componentes del tren de transmisión que no se pueden conectar directamente debido a la distancia o la necesidad de permitir el movimiento relativo entre ellos. En el interior de las marmitas el eje de transmisión está en función del dimensionamiento del tanque, este deberá tener una longitud y diámetro determinado para evitar vibraciones no deseadas [47].

#### **1.8.1.5 Hélice o impulsor**

Las hélices proporcionan fuerza y dirección al fluido con el que se encuentran en contacto, existen varios tipos, como el mostrada en la Figura 10, el cual genera corrientes paralelas al eje del agitador [47].



**Figura 10.** Hélice de 3 palas perfiladas [48].

#### **1.8.1.6 Buje**

Un buje, como el mostrado en la Figura 11 es un elemento de apoyo que permite que el eje rote fácil y libremente, reduciendo las vibraciones producidas por el movimiento, generando una especie de acción amortiguadora en el eje. Cuando los bujes dejan de funcionar, dificultan el movimiento del eje, generando vibraciones a la máquina y posibles rupturas en el eje [49].



**Figura 11.** Buje mecánico [50].

#### **1.8.1.7 Brida**

La brida es un elemento mecánico que se utiliza en varios sistemas de conexión de tuberías, válvulas, ejes, entre o elementos, para facilitar su montaje, modificaciones y mantenimiento sin ocasionar operaciones que destruyan el mismo [51].

En los ejes de transmisión se utiliza estos elementos como el mostrado en la Figura 12, debido a que además de las ventajas nombradas anteriormente, estas aumentan la rigidez del eje para evitar vibraciones, que por lo general se presentan cuando estos no son simétricos o por su extensa longitud [52]

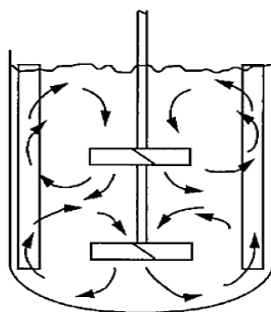


**Figura 12.** Brida [53].

Dentro de esta implementación, el agitador tiene que desempeñar la función de homogenizar el mosto de mortiño en todo el volumen de la marmita, de tal manera que el grado alcohólico del producto final sea uniforme en su totalidad y a su vez, este se encuentre a 10°GL, que es la graduación alcohólica requerida por la empresa comunitaria “Perla Andina”, para el vino tinto de mortiño.

### 1.8.2 Tipos de agitadores

Los agitadores se dividen por lo general en dos clases: los que generan corrientes paralelas al eje del agitador, denominados agitadores de flujo axial [54], como el mostrado en la Figura 13, los cuales son eficientes para mezcla de líquidos y suspensión de sólidos [34], frecuentemente tienen tres o cuatro palas [34] y finalmente los que generan corrientes en dirección tangencial o radial, denominados agitadores de flujo radial [54], que se utilizan en su mayoría para la dispersión de gas [34] y están diseñados con seis palas [34]. Así mismo, entre la clasificación de los agitadores por su impulsor se encuentran los siguientes [25]:



**Figura 13.** Patrón de flujo de un impulsor de doble hélice, de pala inclinada [34].

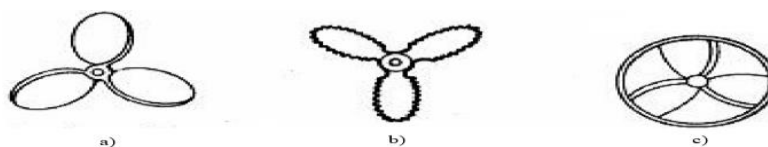
#### 1.8.2.1 Agitadores de hélice

Los agitadores de hélices son aquellos de flujo axial que giran a velocidades elevadas entre 1150 a 1750 rpm [55] y se emplean para líquidos poco viscosos, un ejemplo de estos se lo muestra en la Figura 14. Están hechos con elementos impulsores de hojas cortas, generalmente de menos de  $\frac{1}{4}$  del diámetro del tanque. Las corrientes de flujo, que parten de la hélice, se mueven a través del fluido en una dirección determinada hasta que son desviadas por el fondo o por las paredes del tanque, donde la función de las palas de la hélice es cortar o friccionar el líquido creando importantes turbulencias [56].



**Figura 14.** Agitador de hélice [57].

Existen varios tipos de agitadores de hélice como se observa en la Figura 15 y en tanques de gran altura, pueden existir dos o más hélices sobre el mismo eje como se observó en la Figura 14, las cuales mueven el líquido en la misma dirección o en sentido opuesto, creando una zona de elevada turbulencia en el espacio comprendido entre ellas [55].



**Figura 15.** Tipos de hélice. a) Hélice de tres hojas, b) Hélice dentada, c) Hélice cubierta [55].

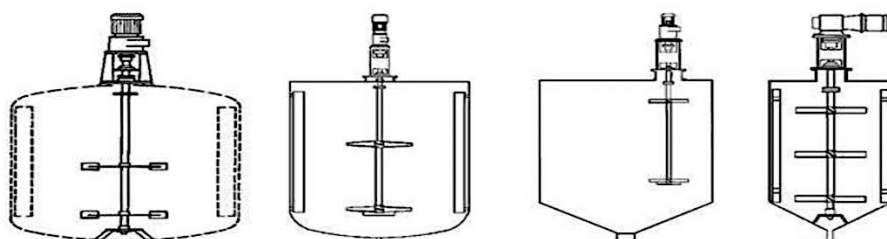
### 1.8.2.2 Agitadores de paleta

Los agitadores de paletas son los más sencillos, consisten en una hoja plana sujeta a un eje rotatorio que normalmente gira a velocidades entre 20 y 150 rpm [55], tomando en consideración que a velocidades muy bajas estos agitadores generan una agitación muy suave en tanques sin placas deflectoras. Estos agitadores se caracterizan por tener entre dos y cuatro paletas planas o inclinadas [23], con un determinado ángulo, que por lo general es de  $45^\circ$ , como se observa en la Figura 16. Su fin es generar un flujo con componentes axiales y radiales, que a su vez son apropiados para procesos en los que se requiere mantener sólidos en suspensión y transmitir mucha potencia al producto [58]. La longitud total de un rodete de palas comprende entre el 50 y el 80 % del diámetro interior del tanque y la anchura de la pala es de  $1/6$  a  $1/10$  de su longitud [23].



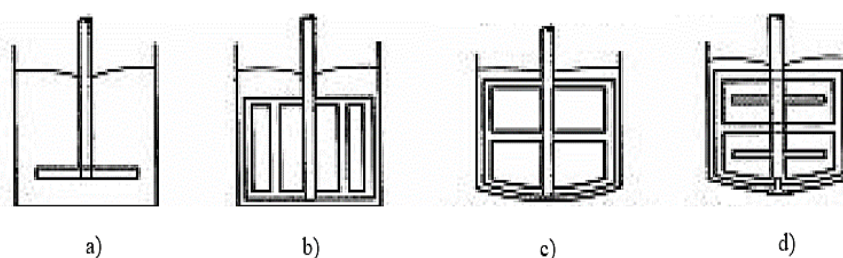
**Figura 16.** Agitador de paleta [59].

Es común también utilizar agitadores formados por dos o tres impulsores de este tipo como se observa en la Figura 17 [55].



**Figura 17.** Agitadores de palas con 2 o 3 impulsores [55].

Así mismo existen otras variantes de este tipo de agitadores, mostrados en la Figura 18. Los agitadores de paleta con forma de reja: se utilizan para líquidos más viscosos; los agitadores de ancla: son utilizados para limpiar las paredes del tanque; los agitadores de múltiples palas que rotan unas en sentido opuesto a las otras: poseen una amplia gama de utilización en la industria alimenticia [55].



**Figura 18.** Variantes de agitadores de paleta. **a)** Pala plana, **b)** Agitador de reja, **c)** Agitador de ancla, **d)** Palas de giro opuesto [55].

### 1.8.2.3 Agitador tipo turbina

Los agitadores de tipo turbina son aplicados para un amplio intervalo de viscosidades, sus corrientes son radiales y tangenciales, motivo por el cual la mayoría de las veces se requieren utilizar placas reflectoras para evitar la formación de vórtices y remolinos.

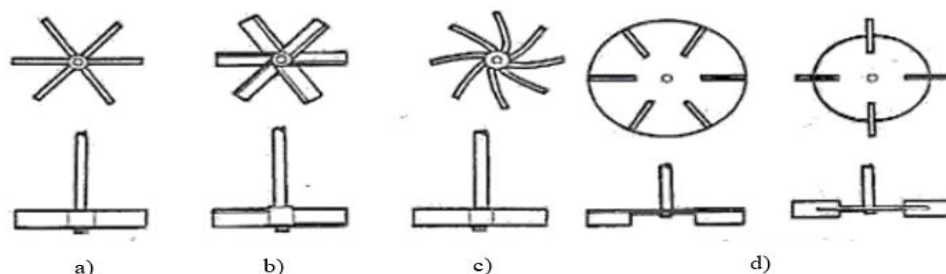


El impulsor de este tipo de agitadores está compuesto generalmente de numerosas palas cortas que pueden ser rectas o curvas, inclinadas o verticales, como se muestra en la Figura 19, las mismas que giran a velocidades medias entre 100 rpm a 300 rpm y altas entre 300 rpm a 1000 rpm, sobre un eje montado centralmente en el tanque. El diámetro del impulsor puede variar entre un 30 y un 50 % del diámetro del tanque [23].



**Figura 19.** Impulsor de agitador tipo turbina [60].

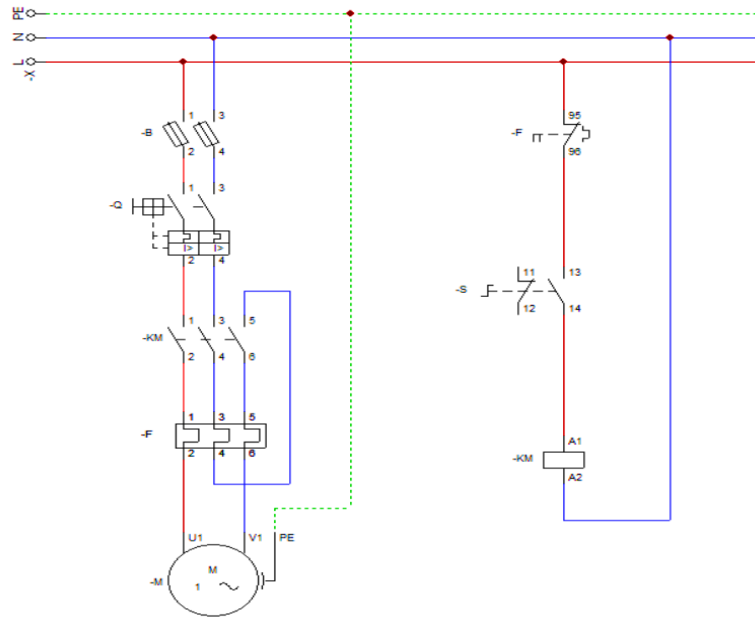
Existen varios tipos de agitadores tipo turbina como los que se indican en la Figura 20, entre los que se destacan, la turbina tipo hojas planas: que se utilizan para fluidos cuya viscosidad alcanza hasta los 0.11 Pa.s; la turbina tipo hojas inclinadas: que se utiliza esencialmente para homogeneizar y mejorar la transferencia de calor con las paredes o serpentines que se encuentran en el interior del tanque; la turbina tipo hojas curvas: son principalmente útiles para dispersar materiales fibrosos y poseen un torque inicial menor que las hojas rectas.



**Figura 20.** Tipos de agitadores de turbina. a) Hoja sencilla, b) Hoja con resalte, c) Hoja curva, d) Disco con aspas [55].

## 1.9 Sistemas de control

Para el control del equipo de agitación se utilizará un sistema de control semiautomático ON-OFF o de dos posiciones como el mostrado en la Figura 21, el cual puede cambiar entre dos estados de un interruptor. La operación del controlador ON-OFF posee un sencillo mecanismo de construcción, por ello este tipo de sistema es el más usado [61].



**Figura 21.** Esquema de control y mando. **Elaborado por:** Bustillos Janio, Obando Carolina

En sistema mostrado anteriormente constará de los siguientes elementos:

- Fusibles
- Disyuntor o guardamotor
- Cable concéntrico AWG THHN 3x16
- Motor monofásico con relé térmico

### 1.9.1 Disyuntor o guardamotor

El guardamotor es un dispositivo electromecánico cuyo uso está destinado al mando de motores, el mismo este compuesto de un relé térmico y un contactor, por lo cual se los puede energizar manualmente desde una botonera de arranque y parada [62], como el mostrado en la Figura 22.



**Figura 22.** Guardamotor Schneider magneto térmico [63].

## 1.10 Material

### 1.10.1 Acero inoxidable AISI 304

El acero inoxidable 304 es el más utilizado de los aceros inoxidables austénicos, este posee una excelente combinación de resistencia a la corrosión y facilidad de

fabricación. Se puede soldar utilizando la mayoría de las técnicas de soldadura de fusión o resistencia [64]. Es ampliamente aplicado en las industrias alimenticias [65]. Las propiedades que posee este material se indica en la Tabla 1 y en la Tabla 2 respectivamente.

**Tabla 1.** Composición química AISI 304 [66].

Composición Química						
%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Ni	%Cr
≤ 0,08	≤ 1,00	≤ 2,00	≤ 0,045	≤ 0.015	8.0 – 10.5	18.0 – 20.0

**Tabla 2.** Propiedades Mecánicas AISI 304 [66] [67].

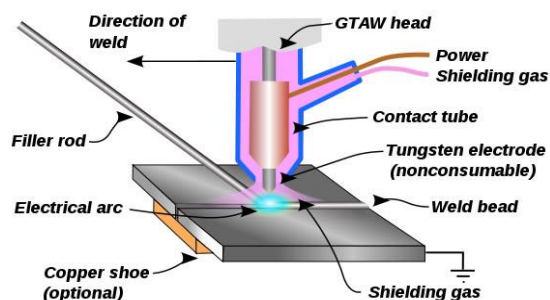
Propiedades Mecánicas					
Fluencia $S_y$ MPa (kpsi)	Resistencia Última $S_{ut}$ MPa (kpsi)	Elongación %	Dureza HB (máx.)	Módulo de Elasticidad E GPa (Mpsi)	Densidad $\rho$ Kg/m <sup>3</sup>
206 (30,0)	530 (76,9)	58 in	190	190,0 (27,6)	8000

## 1.11 Soldadura

La soldadura es un proceso utilizado para juntar generalmente dos metales, a través de la unión del material base con un material de relleno más resistente que el antes mencionado [68].

### 1.11.1 Soldadura GTAW (TIG)

Es un proceso de soldadura por arco eléctrico, que se desarrolla entre un electrodo de tungsteno que no se consume y la pieza a soldar, mostrado en la Figura 23, el cual es protegido por un gas inerte que evita el contacto del aire con el baño de fusión y con el electrodo [69]. El catálogo del 2020 de Iván Bohman C.A. [66], recomienda utilizar la soldadura TIG en el acero AISI 304 a través de la varilla AWS: ER 308LSi, el mismo que es aplicado en equipos en donde intervienen productos alimenticios.



**Figura 23.** Soldadura GTAW [70].

## CAPÍTULO II

### ALTERNATIVAS Y CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL AGITADOR SEMIAUTOMÁTICO

El objetivo de esta implementación es solucionar el problema con el grado de fermentación que se produce en el interior de la marmita de la empresa comunitaria “Perla Andina”, ubicada en la comunidad Quinticusig, perteneciente al cantón Sigchos de la provincia de Cotopaxi.

Actualmente el mosto de mortiño en el interior de la marmita de 1000 litros de capacidad permanece inmóvil, motivo por el cual, no se logra el grado alcohólico idóneo para la elaboración de un vino tinto de mortiño en todo su volumen, por lo que la implementación de un agitador semiautomático permitiría que se lleve a cabo dicho proceso adecuadamente.

Debido a que la fermentación es un proceso complejo en donde intervienen diversos factores como: temperatura, densidad del fluido y calidad de la levadura; la agitación tiene que ser prudente para no alterar el producto final.

Para cumplir con este objetivo, el estudio de alternativas se enfocará en el sistema de agitación.

#### 2.1 Sistema de agitación

Para seleccionar el sistema de agitación adecuado para el proyecto, se establecerán tres posibles alternativas considerando el tipo de impulsor y la posición del agitador:

- **Alternativa A:** agitador vertical inclinado con dos impulsores de tipo hélice
- **Alternativa B:** agitador vertical inclinado con dos impulsores de tipo paleta inclinada
- **Alternativa C:** agitador vertical inclinado con dos impulsores de tipo turbina de hoja sencilla

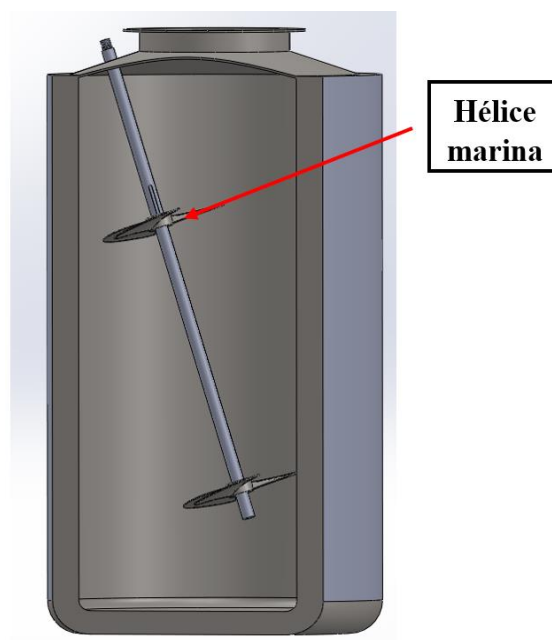
Según Link Industrial [25], en el diseño de un sistema de agitación, uno de los principales parámetros para evaluar las alternativas es el consumo energético, el mismo que se encuentra relacionado directamente con la velocidad del motor y la geometría de los impulsores [71]. Además, se deben considerar otros factores que

influyen directamente en los agitadores industriales como son: costos (materiales, construcción), pertinencia, facilidad de instalación y facilidad de fabricación.

### 2.1.1 Análisis de alternativas

#### 2.1.1.1 Alternativa A

Para generar el movimiento del sistema de agitación se utilizará un motorreductor eléctrico. El agitador se ubicará de forma vertical inclinado a un costado de la marmita, el mismo estará constituido por dos impulsores de tipo hélice como se observa en la Figura 24, los cuales proporcionan un flujo axial.



**Figura 24.** Bosquejo de Alternativa A. **Elaborado por:** Bustillos Janio, Obando Carolina.

#### Ventajas de un agitador tipo hélice

- Montaje sencillo
- Alta capacidad de circulación
- Bajo consumo de energía

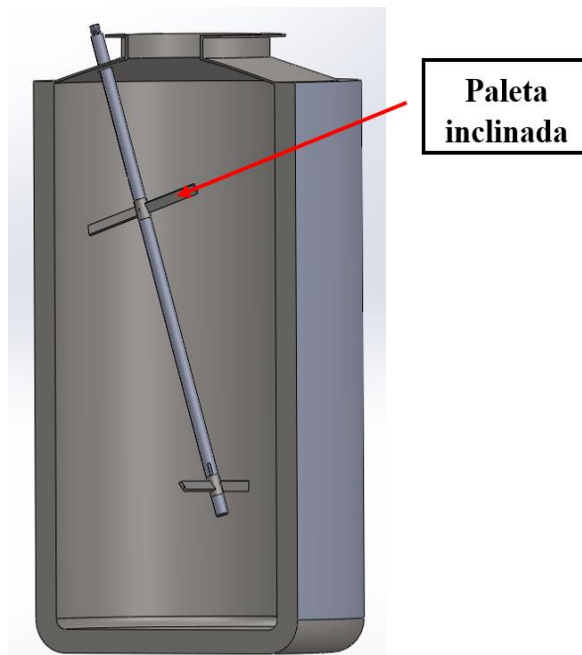
#### Desventajas de un agitador tipo hélice

- Trabaja a altas velocidades
- Uso en tanque pequeños
- Complejidad de construcción

#### 2.1.1.2 Alternativa B

Para generar el movimiento del sistema de agitación se utilizará un motorreductor eléctrico. El agitador se ubicará de forma vertical inclinado a un costado de la marmita,

el mismo estará constituido por dos impulsores de tipo paleta como se observa en la Figura 25, los cuales proporcionan un flujo axial.



**Figura 25.** Bosquejo Alternativa B. **Elaborado por:** Bustillos Janio, Obando Carolina.

#### **Ventajas de un agitador tipo paleta**

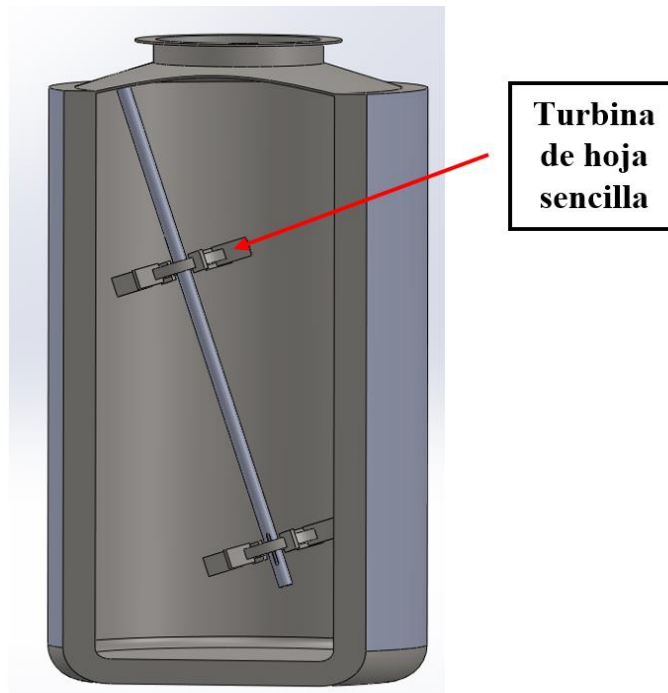
- Construcción económica
- Fácil adaptabilidad en tanques grandes
- Trabaja a velocidades bajas
- Las aspas pueden ser configuradas a cualquier ángulo
- Ataca al líquido frontalmente

#### **Desventajas de un agitador tipo paleta**

- Alto consumo energético
- Dificultad de montaje

#### **2.1.1.3 Alternativa C**

Para generar el movimiento del sistema de agitación se utilizará un motorreductor eléctrico. El agitador se ubicará de forma vertical inclinado a un costado de la marmita, el mismo estará constituido por dos impulsores de tipo turbina como se observa en la Figura 26, los cuales proporcionan un flujo axial y radial.



**Figura 26.** Bosquejo Alternativa C. **Elaborado por:** Bustillos Janio, Obando Carolina.

#### **Ventajas de un agitador tipo turbina**

- Facilidad de instalación
- Se adapta a todo tamaño de tanques
- Las aspas pueden ser configuradas a cualquier ángulo

#### **Desventajas de un agitador tipo turbina**

- Trabaja a velocidades medias o elevadas
- Tiene riesgo de atasco de la máquina
- Consumo energético medio

#### **2.1.2 Selección de alternativas**

A continuación, en la Tabla 3 se evaluará cada alternativa con respecto a los parámetros antes mencionados, con la finalidad de seleccionar la adecuada para este proyecto. La escala con la que se evaluarán las alternativas es de 1 a 5, siendo:

- **1 (Inferior):** el parámetro cumple de manera deficiente el requerimiento.
- **2 (Intermedio - bajo):** el parámetro cumple de forma regular el requerimiento.
- **3 (Intermedio):** el parámetro cumple aceptablemente el requerimiento.
- **4 (Intermedio - alto):** el parámetro cumple de forma satisfactoria el requerimiento.
- **5 (Alto):** el parámetro cumple totalmente el requerimiento

**Factor de ponderación:** es la importancia que tiene cada uno de los criterios de evaluación. Su valor estará considerado entre 0 y 100. Siendo 0 una baja importancia y 100 la máxima importancia.

**Tabla 3.** Evaluación de alternativas

<b>Evaluación de alternativas</b>				
<b>Criterios de evaluación</b>	<b>Factor de Ponderación</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b>Alternativa C</b>
<b>Consumo energético</b>	20	4	2	3
<b>Pertinencia</b>	60	2	5	3
<b>Costos</b>	50	2	5	3
<b>Facilidad de montaje</b>	80	4	3	4
<b>Facilidad de fabricación</b>	80	2	5	4
<b>TOTAL</b>	290			

**Tabla 4.** Resumen de evaluación de alternativas

<b>Evaluación de alternativas</b>				
<b>Criterios de evaluación</b>	<b>Factor de Ponderación</b>	<b>Alternativa A</b>	<b>Alternativa B</b>	<b>Alternativa C</b>
<b>Consumo energético</b>	20	80	40	60
<b>Pertinencia</b>	60	120	300	180
<b>Costos</b>	50	100	250	150
<b>Facilidad de instalación</b>	80	320	240	320
<b>Facilidad de fabricación</b>	80	160	400	320
<b>TOTAL</b>	270	780	1230	1030
<b>ORDEN DE SELECCIÓN</b>		3	1	2

Con los resultados obtenidos de las Tablas 3 y 4, se estableció que la alternativa B cumple con los parámetros más favorables para su selección.



### CAPÍTULO III

#### DISEÑO Y CÁLCULO DEL AGITADOR PARA UNA MARMITA

Para el correcto funcionamiento de un sistema de agitación es necesario establecer de manera adecuada el dimensionamiento de cada componente, para lo cual, se requiere en un principio los datos iniciales del fluido de trabajo y a su vez las dimensiones generales de la marmita, las mismas que se presentan en las Tablas 5 y 6. Los datos mostrados fueron obtenidos en la empresa comunitaria “Perla Andina” y a su vez tomando como referencia la caracterización del mosto de uva hecha por [72], debido a su semejanza.

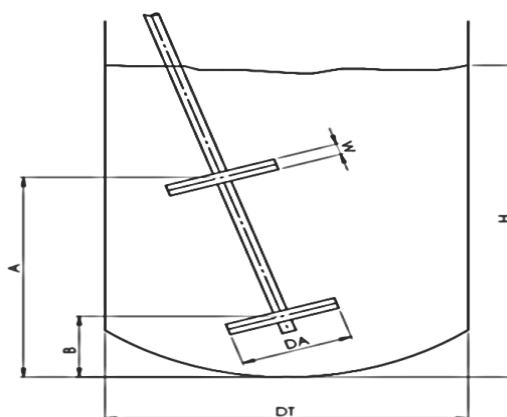
**Tabla 5.** Propiedades del mosto de mortiño

Propiedades del fluido de trabajo	
Fluido a agitar	Mosto mortiño- Agua
Densidad del fluido	1357,3 kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad dinámica	1x10 <sup>-3</sup> Pa.s
Presión de operación	20 a 30 Psi
Temperatura de trabajo	40 °C

**Tabla 6.** Propiedades de la marmita de Quinticusig

Propiedades de la marmita	
Diámetro interno de la marmita	890 mm
Diámetro de la tapa	450mm
Altura de la marmita	1670 mm
Altura de llenado	1600 mm
Volumen de llenado	1000 L

En la Figura 27 se muestra un bosquejo de la marmita y del sistema de agitación con sus respectivas variables geométricas, que posteriormente serán calculadas.



**Figura 27.** Esquema de variables dimensionales. **Elaborado por:** Bustillos Janio, Obando Carolina.

### 3.1 Cálculos para el agitador

La base del dimensionamiento del agitador será con la Norma DIN 28131 [73], en conjunto de otras literaturas especializadas en sistemas de agitación.

Para determinar las dimensiones del sistema de agitación, se utilizan las siguientes variables existentes:

$H$ : altura de llenado = 1600 mm

$D_T$ : diámetro del tanque = 890 mm

A través de la Table 6.6 del libro “Handbook of industrial mixing” de [34], mostrada en la Figura 28, se determinará el número de impulsores y su distancia de ubicación con respecto a la altura de llenado de la marmita. En este caso se tomará en cuenta las relaciones para sólidos en suspensión, debido a que, en la marmita el mosto está compuesto por agua, mortíño, azúcar y levaduras. En donde  $Z = H$  y  $T = D_T$ , debido a la nomenclatura utilizada por el autor.

**Table 6-6** Recommended Impeller Clearance and Spacing

Mixing System	Maximum Liquid Height, Z/T	Number of Impellers	Impeller Elevation from Tank Bottom	
			Bottom	Top
Liquid blending	1.4	1	Z/3	—
	2.1	2	T/3	2 Z/3
Solids suspension	1.2	1	Z/4	—
	1.8	2	T/4	2 Z/3
Gas dispersion	1.0	1	T/6	—
	1.8	2	T/6	2 Z/3

**Figura 28.** Espacio recomendado para los impulsores [34].

#### 3.1.1 Diámetro del impulsor

Para determinar el diámetro del impulsor  $D_A$  se utilizará la ecuación (1), se tomará como referencia lo establecido anteriormente de Castillo [23], para el cual, el diámetro puede ser el 50% del diámetro interior del tanque.

$$D_A = \frac{1}{2} * D_T \quad (1)$$

$$D_A = \frac{1}{2} * D_T$$

$$D_A = \frac{1}{2} * 890 \text{ mm}$$

$$D_A = 445 \text{ mm}$$

El diámetro teórico del impulsor tipo paleta inclinada será de 445 mm, el cual es el indicado por las dimensiones de la tapa de la marmita, la misma que posee un diámetro interior de 450mm.

### 3.1.2 Número de impulsores

Con base a la relación  $Z / T$  obtenida de la Figura 28, se obtendrá el número de impulsores para el sistema de agitación.

$$\frac{Z}{T} = \frac{H}{D_T} = \frac{1600}{890} = 1,8$$

De la relación se obtuvo un valor de 1,8 el cual sobrepasa la altura máxima del líquido para un solo impulsor, por lo que, el sistema requiere de dos impulsores.

### 3.1.3 Ancho de la hoja del impulsor

Así mismo para Castillo, la anchura de la pala puede ser 1/6 de su longitud [23].

$$W = \frac{1}{6} D_A \quad (2)$$

$$W = \frac{1}{6} * 445 \text{ mm}$$

$$W = 74,17 \text{ mm}$$

A través de la ecuación (2), se determina que el ancho de hoja del impulsor teóricamente es de 74.17 mm, por lo tanto, se establece un ancho de hoja de 75 mm.

### 3.1.4 Distancia de los impulsores con respecto al fondo del tanque

Debido a que la relación  $H / D_T$  es 1,80, se considera con base a la Figura 28 que el sistema requiere dos impulsores ya que corresponde a un sistema de mezcla con suspensión de sólidos, de donde:

Para establecer la ubicación del primer impulsor, se lo hace desde el fondo del tanque, hacia la parte superior y se utiliza la siguiente relación:

$$\frac{T}{4} = \frac{D_T}{4} = \frac{890}{4} = 223 \text{ mm} = B$$

De igual manera para la ubicación del segundo impulsor se determina desde el fondo del tanque hacia la parte superior, a través de la siguiente relación:

$$2\frac{Z}{3} = 2\frac{H}{3} = 2\frac{1600}{3} = 1067 \text{ mm} = A$$

Por la posición inclinada del agitador y para evitar reducir el tamaño de las hélices, las cuales se encuentra en su mínimo adecuado, las distancias A y B tienen que ser modificadas para impedir el atascamiento de material entre la hélice y la pared de la marmita, ya que estas deben poseer una distancia segura entre sí, por lo que se estableció reducir la distancia A en 300 mm y aumentar la distancia B en 300 mm, es decir:

$$A = 767 \text{ mm}$$

$$B = 523 \text{ mm}$$

Dichas medidas no reducirían significativamente la eficacia de la agitación, debido a que, al aplicar dos impulsores con inclinación, alabeado y conformados, estos serían capaces de desplazar todo el volumen del interior de la marmita y cumplir con su función.

### 3.1.5 Número de Reynolds

Según Coker [74], para el cálculo del número de Reynolds se utiliza la ecuación (3), donde las revoluciones que aplicara el agitador sobre el mosto de mortiño son de 17 rpm, debido a que, por recomendación de la empresa estas no deberían sobrepasar los 30 rpm.

$$N_{Re} = \frac{\rho * N * D_A^2}{\mu} \quad (3)$$

Donde:

$N_{Re}$ : número de Reynolds

$\rho$ : densidad de la mezcla

$N$ : número de revoluciones por minuto del sistema de agitación

$\mu$ : viscosidad dinámica

$$N_{Re} = \frac{1357,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \left(17 \frac{\text{rev}}{\text{min}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}\right) * (445 \times 10^{-3} \text{ m})^2}{1 \times 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}}$$

$$N_{Re} = 76154,1$$

Con el número de Reynolds obtenido y con base a lo que indica Coker [74]:

$N_{Re} > 10$  es régimen laminar

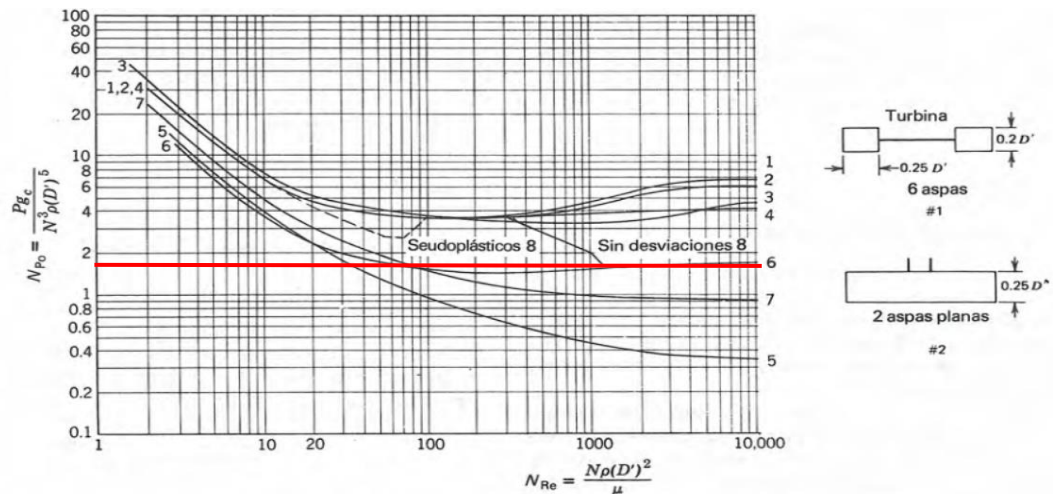
$10 < N_{Re} < 10000$  es régimen transitorio

$N_{Re} > 10000$  es régimen turbulento

Se establece que la mezcla se encontraría en un régimen turbulento dentro de la marmita al aplicar 17 rpm y tener un diámetro del agitador de 445 mm.

### 3.1.6 Potencia requerida por el agitador

Para el cálculo de la potencia requerida por el agitador, en primera instancia se obtiene el número de potencia, en donde interviene el tipo de impulsor y el número de Reynolds calculado como se observa en la Figura 29.



**Figura 29.** Número de Reynolds vs. Número de potencia para diferentes tipos de agitadores, la curva (6) es para los agitadores palas inclinadas [75].

Dando como resultado un número de potencia ( $N_p$ ):

$$N_p = 1,8$$

Cuando se utilizan varios impulsores en un mismo eje, el número de potencia puede ser o no aditivo de los números de potencia individuales [34], para el caso del agitador de este proyecto, se establece que el número de potencia será aditivo, por lo tanto, el resultado de  $N_p$  es:

$$N_p = 1,8 * 2 = 3,6$$

Con el número de potencia obtenido, según [74] es posible hallar la potencia requerida (P) por el agitador a través de la ecuación (4).

$$P = N_P * \rho * N^3 * D_A^5 \quad (4)$$

$$P = (3,6) * 1357,3 \frac{kg}{m^3} * \left(17 \frac{rev}{min} * \frac{1min}{60s}\right)^3 * (445 \times 10^{-3} m)^5$$

$$P = 1,93 W$$

$$P = 0,0026 HP$$

Se obtiene que la potencia requerida teóricamente para vencer la inercia de la mezcla en reposo por el agitador es de 0,003 HP, por lo tanto, se establece inicialmente un motor de 0,25 HP, debido a que, según la Figura 30 de [34], indica que la potencia mínima estándar de un motor para un agitador es de 0,25 HP.

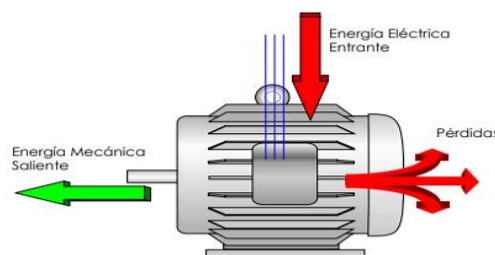
Motor Power (hp)					
<span style="border: 1px solid red;">1/4</span>	1/2	1	1 1/2	2	3
5	7 1/2	10	15	20	25
30	40	50	60	75	100
125	150	200	250	300	350
400	500	600			

**Figura 30.** Potencia y velocidades estándar para agitadores [34].

Con base a esta potencia se debe realizar la selección del motor.

### 3.1.7 Selección del motor y caja reductora

En un motor eléctrico, la potencia de entrada está relacionada con la potencia de salida y eficiencia que posee el motor, como se muestra en la Figura 31, la misma se obtiene a través de la ecuación (5) [75].



**Figura 31.** Pérdidas en un motor eléctrico [75].

$$P_{motor} = \frac{P}{\eta} \quad (5)$$

Donde:

$P_{motor}$ : potencia de entrada

$P$ : potencia de salida del motor eléctrico

$\eta$ : eficiencia del motor monofásico = 0,6

Por lo tanto:

$$P_{motor} = \frac{0,25 \text{ HP}}{0,6}$$
$$P_{motor} = 0,417 \text{ HP}$$

Por lo tanto, se seleccionará un motor monofásico de 0,5 HP (0,37 kW), con las siguientes características:

**Marca:** Tercesa

**Fase:** monofásico

**Voltaje:** 220 V

**Potencia:** 0,37 kW

**Frecuencia:** 60 Hz

**Amperaje:** 2,4 A

**Peso:** 7 kg

**Número de revoluciones de salida:** 1720 rpm

Para evitar daños en los componentes del mosto de mortino, se estableció una velocidad de rotación de 17 rpm, por lo tanto, se selecciona una caja reductora ortogonal con las siguientes características:

**Marca:** Ital

**Relación de transmisión:** 1:100

**Torque de salida:** 129 Nm

**Factor de servicio:** 0,9

**Número de revoluciones de salida:** 17 rpm

### 3.1.8 Tasa de circulación interna

La tasa de circulación interna, o también denominado flujo interno en el tanque de mezcla, es la cantidad de flujo perpendicular al área de descarga del impulsor [76]. La cual se obtiene a través de la ecuación (6) [77].

$$Q = N_Q * N * D^3 \quad (6)$$

Donde:

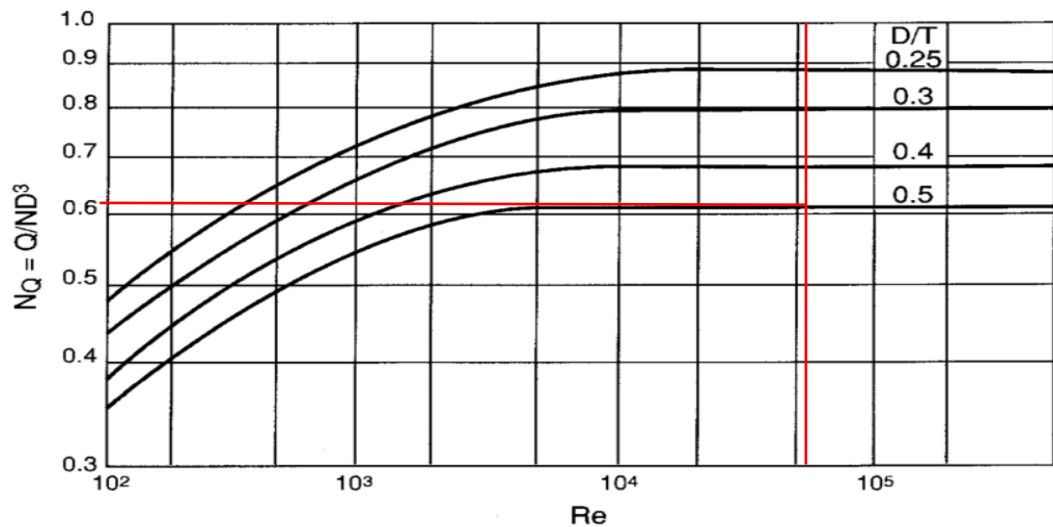
$Q$ : tasa de circulación interna

$N_Q$ : número de flujo o número de bombeo

$D = D_A$ : diámetro del impulsor

Para la obtención del número de flujo, se requiere la relación  $D/T$ , la cual es:

$$\frac{D}{T} = \frac{D_A}{D_T} = \frac{445 \text{ mm}}{890 \text{ mm}} = 0,50$$



**Figura 32.** Número de Reynolds vs. Número de Flujo [34].

El bombeo se refiere a la cantidad de material descargado por el impulsor giratorio [34]. A través de la Figura 32, se obtiene un número de flujo de:

$$N_Q = 0,61$$

Debido a que en flujos turbulentos a partir de  $Re = 10000$ , el número de bombeo se vuelve constante. Reemplazando los valores en la ecuación (5), se obtiene lo siguiente:

$$Q = 0,61 * \left( 17 \frac{rev}{min} * \frac{1min}{60s} \right) * (445 \times 10^{-3} m)^3$$

$$Q = 0,0152 \text{ m}^3/s$$

$$Q = 15,2 \text{ L/s}$$



### 3.1.9 Potencia de cada impulsor

En cada impulsor se requiere una fracción individual de la potencia del motor, debido a que los impulsores están ubicados en diferentes posiciones en el eje, aplicando el siguiente ajuste mostrado en la ecuación (7), se obtendrá la potencia total del sistema.

$$P_i = P_{i_{calculado}} \frac{P_{motor}}{\sum_{i=1}^n P_{i_{calculado}}} \quad (7)$$
$$P_1 = 0,186 \text{ kW} \frac{0,37 \text{ kW}}{0,186 \text{ kW} + 0,186 \text{ kW}} = 0,185 \text{ kW}$$
$$P_2 = 0,186 \text{ kW} \frac{0,37 \text{ kW}}{0,186 \text{ kW} + 0,186 \text{ kW}} = 0,185 \text{ kW}$$

Debido a que ambos impulsores poseen las mismas características, la potencia total del sistema se divide uniformemente para cada impulsor.

### 3.2 Análisis torsional del sistema

Se realiza el análisis torsional del sistema, para verificar si el motorreductor elegido anteriormente satisface las necesidades requeridas. Para ello se establece el torque aplicado en cada hélice a través de (8).

$$T = d * F \quad (8)$$

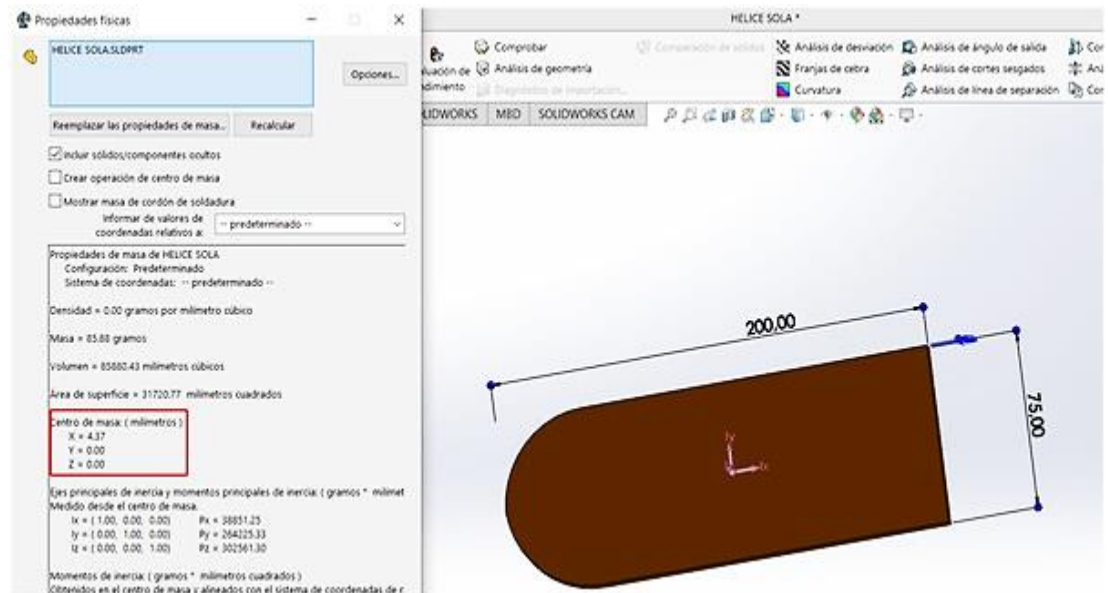
En donde:

***T***: torque

***d***: distancia desde el centroide la helice hacia el eje de giro

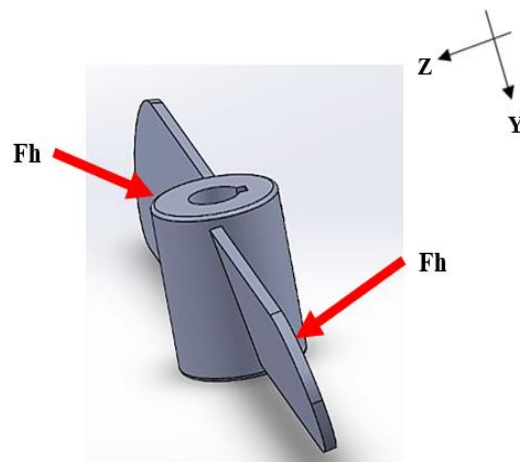
***F***: fuerza aplicada en la hélice

Para determinar la distancia *d*, se establece el centro de inercia de la hélice, el cual como se muestra en la Figura 33, se ubica en 95,63 mm, la cual se la adiciona la distancia hacia el eje de giro, dando como resultado una distancia de 127,4 mm.



**Figura 33.** Centroide hélice. **Elaborado por:** Bustillos Janio, Obando Carolina

Para establecer el torque en cada impulsor, en primera instancia se obtuvieron las fuerzas hidrostáticas en los centroides de cada paleta como se observa en la Figura 34, las mismas que generan esfuerzo axial ( $F_h$ ) y esfuerzo a flexión ( $F_{hz}$ ).



**Figura 34.** Bosquejo de fuerzas hidrostáticas en el impulsor. **Elaborado por:** Bustillos Janio, Obando Carolina

- $F_{h_c} = 112,346 \text{ N}$

$$F_{h_{cz}} = 110,639 \text{ N}$$

$$F_{h_{cy}} = 19,509 \text{ N}$$

- $F_{h_d} = 231,882 \text{ N}$

$$F_{h_{dz}} = 228,360 \text{ N}$$

$$F_{h_{dy}} = 40,266 \text{ N}$$

Una vez obtenidas las componentes de las fuerzas hidrostáticas, se determina que la fuerza que genera el torque en cada impulsor es la fuerza resultante en el eje z.

- **Impulsor C**

$$T_C = 0,1274 \text{ m} * 110,639 \text{ N}$$

$$T_C = 14,095 \text{ Nm}$$

Debido a que el impulsor C posee dos hélices al torque se lo multiplica por dos.

$$T_C = 14,095 \text{ Nm} * 2$$

$$T_C = 28,191 \text{ Nm}$$

- **Impulsor D**

$$T_D = 0,1274 \text{ m} * 228,360 \text{ N}$$

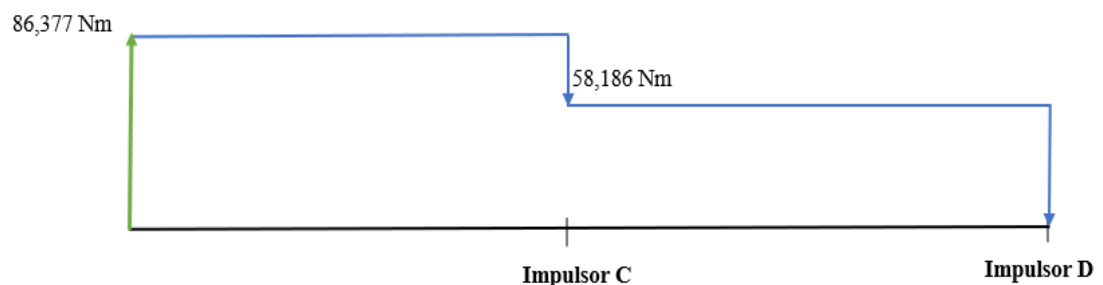
$$T_D = 29,093 \text{ Nm}$$

Debido a que el impulsor D posee dos hélices al torque se lo multiplica por dos.

$$T_D = 29,093 \text{ Nm} * 2$$

$$T_D = 58,186 \text{ Nm}$$

Una vez obtenidos los torques de cada impulsor, se establece el torque total del sistema, el cual es la suma de los torques C y D, dando como resultado un torque total de 86,377 Nm. A continuación, en la Figura 35 se presenta el diagrama de torsión del sistema.



**Figura 35.** Diagrama de torsión. **Elaborado por:** Bustillos Janio, Obando Carolina

Para verificar que el torque aplicado por el motorreductor es adecuado, este tiene que ser mayor o igual al torque del sistema. En la Figura 40, se observa que el torque máximo es 87,467 Nm.

$$T_{motor} \geq T_{Total\ sistema}$$

$$129\ Nm \geq 86,377\ Nm$$

Por lo tanto, el motorreductor monofásico de 0,5 HP a 17 rpm seleccionado satisface las necesidades del sistema.

### 3.3 Diseño del eje

Para el diseño del eje, en primera instancia se estableció el uso del acero inoxidable AISI 304, propiedades del cual fueron mostrados en el Capítulo 1, debido a que, el agitador estará en contacto con el mosto de mortiño, el mismo que es un producto alimenticio.

- **Diseño del eje por torsión pura**

En un principio, debido a que las cargas flectoras en las caras de las paletas se oponen, generan una fuerza a flexión que tienden a cero, motivo por el cual, el eje se considera que está en torsión pura y a través de (9) y (10).

$$\tau = \frac{Sy}{FS} \quad (9)$$

$$\tau = \frac{16 * T}{\pi * d^3} \quad (10)$$

En donde:

$\tau$ : *esfuerzo a torsión*

$Sy$ : *esfuerzo de fluencia AISI 304 = 206 MPa*

$T$ : *torque del sistema = 86,377 Nm*

$FS$ : *factor de seguridad = 2*

$d$ : *diámetro del eje*

$$\frac{Sy}{FS} = \frac{16 * T}{\pi * d^3}$$

$$\frac{206000000\ Nm}{2} = \frac{16 * 86,377\ Nm}{\pi * d^3}$$

$$d = 0,01623\ m$$

$$d = 16,23 \text{ mm}$$

- **Diseño del eje considerando esfuerzos combinados**

Según [67], por motivos de seguridad no se debería establecer un eje únicamente a torsión, debido a que, la inclinación del eje genera un momento, desencadenando en un esfuerzo a flexión, tomando como referencia el cálculo de torsión pura se establecerá un diámetro de 25,4mm para el análisis de esfuerzos combinados, y así verificar si este es idóneo.

Con la ecuación (11) y (12) se obtiene la masa del eje.

$$Masa_{eje} = \rho_{eje} * V_{eje} \quad (11)$$

$$V_{eje} = \left( \frac{\pi * d^2}{4} \right) * h \quad (12)$$

En donde:

$\rho_{eje}$ : densidad del eje =  $8000 \text{ kg/m}^3$

$V_{eje}$ : volumen del eje

$d$ : diámetro del eje

$h$ : altura del eje total =  $1760 \text{ mm}$

Por lo tanto:

$$Masa_{eje} = 8000 \text{ kg/m}^3 * \left( \frac{\pi * 25,4^2}{4} * 1085 \right)$$

$$Masa_{eje} = 7,134 \text{ kg}$$

Luego de obtener la masa del eje se prosigue a determinar el peso del eje mediante la ecuación (13).

$$W_{eje} = Masa_{eje} * g \quad (13)$$

En donde:

$g$ : gravedad =  $9,81 \text{ m/s}^2$

Por lo tanto:

$$W_{eje} = 7,134 \text{ kg} * 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$W_{eje} = 69,988 \text{ N}$$

El peso se encuentra a  $18^\circ$  respecto al eje de referencia por lo que es necesario sus componentes:

- $W = 69,988 \text{ N}$

$$W_Y = 66,56 \text{ N}$$

$$W_Z = 21,625 \text{ N}$$

Así mismo, para encontrar el momento máximo se establecen los pesos que generan los impulsores sobre el eje a  $18^\circ$ , dando como resultado las siguientes fuerzas:

- $W_C = 6,921 \text{ N}$

$$W_{CZ} = 2,139 \text{ N}$$

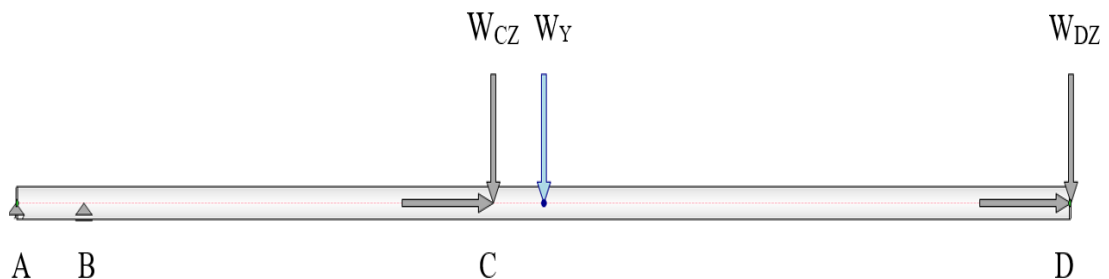
$$W_{CY} = 6,583 \text{ N}$$

- $W_D = 6,921 \text{ N}$

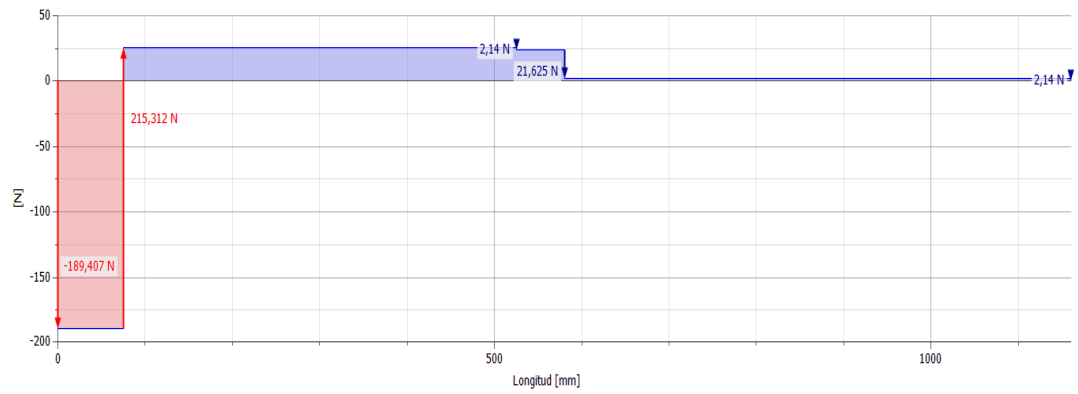
$$W_{DZ} = 2,139 \text{ N}$$

$$W_{DY} = 6,583 \text{ N}$$

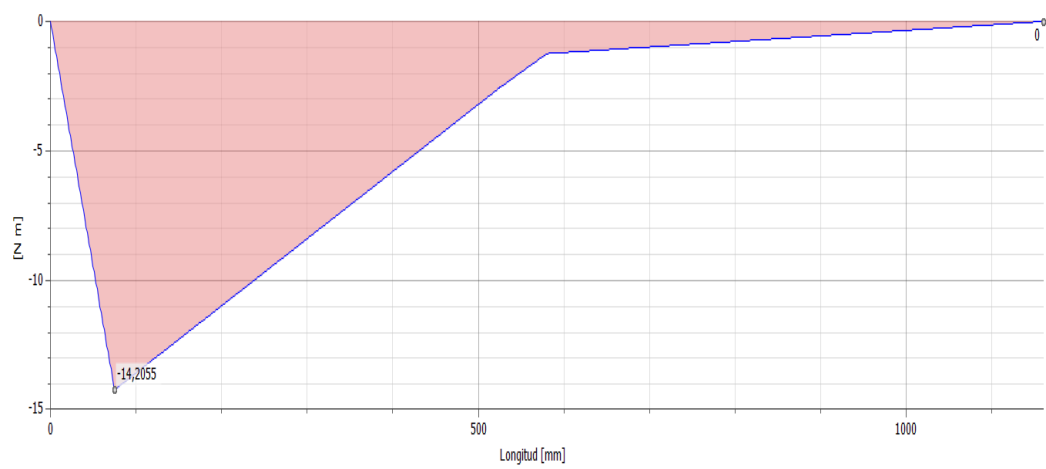
Para obtener el momento y cortante máximo se realiza el diagrama de cuerpo libre mostrado en la Figura 36 y con ello, los diagramas de cortante, momento, deflexión y diámetro ideal mostrados en las Figuras 37,38,39 y 40.



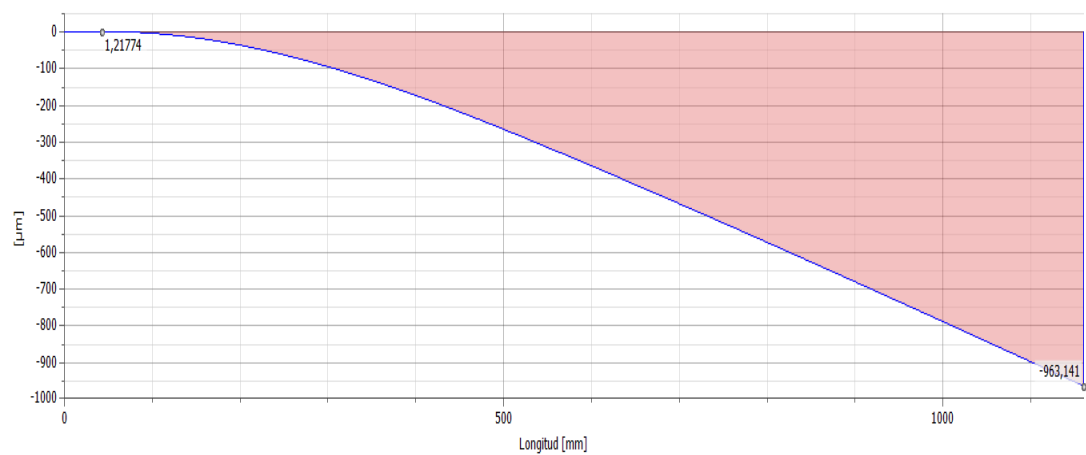
**Figura 36.** Diagrama de cuerpo libre del eje. **Elaborado por:** Bustillos Janio, Obando Carolina



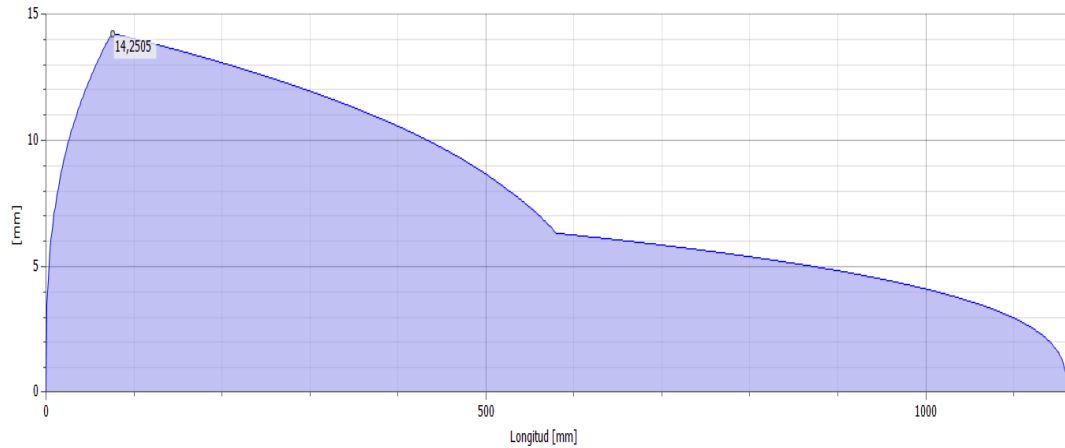
**Figura 37. Fuerza Cortante. Elaborado por:** Bustillos Janio, Obando Carolina



**Figura 38. Momento flector. Elaborado por:** Bustillos Janio, Obando Carolina



**Figura 39. Deflexión. Elaborado por:** Bustillos Janio, Obando Carolina



**Figura 40.** Diámetro ideal. **Elaborado por:** Bustillos Janio, Obando Carolina

De los diagramas mostrados se obtienen los siguientes datos:

$$M_{max} = 14,20 \text{ Nm}$$

$$V_{max} = 189,407 \text{ N}$$

### Esfuerzo a flexión

$$\sigma_f = \frac{Mc}{I} \quad (14)$$

En donde:

$\sigma_f$ : *esfuerzo a flexión*

$M = M_{max}$ : *momento máximo*

$I$ : *inercia*

Por lo tanto:

$$\begin{aligned} \sigma_f &= \frac{32M}{\pi d^3} \\ \sigma_f &= \frac{32 * 14,20 \text{ Nm}}{\pi * d^3} \\ \sigma_f &= \frac{144,64 \text{ Nm}}{d^3} \end{aligned}$$

### Esfuerzo axial

$$\sigma_a = \frac{F}{A} \quad (15)$$



En donde:

$\sigma_a$ : *esfuerzo Axial*

$F$ : *fuerza axial*

$A$ : *sección transversal*

Por lo tanto:

$$\sigma_a = \frac{34,791 \text{ N}}{\frac{\pi * d^2}{4}}$$
$$\sigma_a = \frac{44,297 \text{ N}}{d^2}$$

### **Esfuerzo de torsión**

$$\tau = \frac{Tr}{J} \quad (16)$$

En donde:

$\tau$ : *esfuerzo de torsión*

$T = T_{max}$  : *torque del sistema*

$r$ : *tadio*

$J$ : *momento polar de inercia*

Por lo tanto:

$$\tau = \frac{T * 16}{\pi * d^3}$$
$$\tau = \frac{86,377 \text{ Nm} * 16}{\pi * d^3}$$
$$\tau = \frac{439,914 \text{ Nm}}{d^3}$$

### **Esfuerzo cortante**

$$\tau_{zy} = \frac{4V}{3A} \quad (17)$$

En donde:

$\tau_{xy}$ : *esfuerzo cortante*

$V = V_{max}$ : *fuerza cortante máxima*

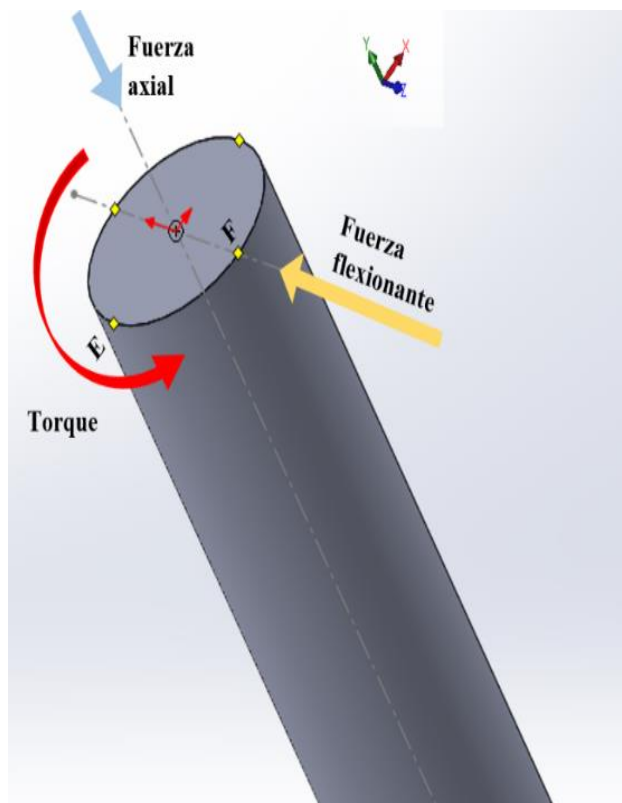
$A$ : *área que soporta esfuerzo cortante*

Por lo tanto:

$$\tau_{zy} = \frac{4 * 189,407 \text{ N}}{3 * \pi * d^2}$$

$$\tau_{zy} = \frac{80,386 \text{ N}}{d^2}$$

Con los esfuerzos obtenidos en función del diámetro se aplica la ecuación de la teoría de la distorsión para materiales dúctiles (18) y (19) [67], en los puntos E y F, mostrados en la Figura 41, para determinar el más crítico y con ello el diámetro adecuado.



**Figura 41.** Puntos críticos del eje. **Elaborado por:** Bustillos Janio, Obando Carolina

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_{xy} + \sigma_y^2 + 3\tau_{zy}^2} \quad (18)$$

$$\sigma' = \frac{Sy}{FS} \quad (19)$$

### Esfuerzos combinados en punto E

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_a^2 + 3(\tau + \tau_{zy})^2} = \frac{Sy}{FS}$$

Inicialmente se asume  $\sigma_a=0$  y  $\tau_{xy}=0$ .

$$\sqrt{3\left(\frac{439,914 \text{ Nm}}{d^3}\right)^2} = \frac{206000000 \text{ Pa}}{2}$$

$$d = 0,01948 \text{ m}$$

$$d = 19,48 \text{ mm}$$

En la siguiente ecuación se considera todos los esfuerzos que intervienen, con lo que se obtiene el factor de seguridad con el que el eje trabajaría.

$$\sqrt{\left(\frac{44,297 \text{ N}}{(0,01948 \text{ m})^2}\right)^2 + 3\left(\frac{439,914 \text{ Nm}}{(0,01948 \text{ m})^3} + \frac{80,386 \text{ N}}{(0,01948 \text{ m})^2}\right)^2} = \frac{206000000 \text{ Pa}}{FS}$$

$$FS = 1,99$$

### **Esfuerzos combinados en punto F**

$$\sigma' = \sqrt{(\sigma_a + \sigma_f)^2 + 3(\tau)^2} = \frac{Sy}{FS}$$

Se asume  $\sigma_a=0$

$$\sqrt{\left(\frac{144,64 \text{ Nm}}{d^3}\right)^2 + 3\left(\frac{439,914 \text{ Nm}}{d^3}\right)^2} = \frac{206000000 \text{ Pa}}{2}$$

$$d = 0,0196 \text{ m}$$

$$d = 19,6 \text{ mm}$$

En la siguiente ecuación se considera todos los esfuerzos que intervienen, con lo que se obtiene el factor de seguridad con el que el eje trabajaría.

$$\sqrt{\left(\frac{44,297 \text{ N}}{(0,0196 \text{ m})^2} + \frac{144,64 \text{ Nm}}{(0,0196 \text{ m})^3}\right)^2 + 3\left(\frac{439,914 \text{ Nm}}{(0,0196 \text{ m})^3}\right)^2} = \frac{206000000 \text{ Pa}}{FS}$$

$$FS = 1,99$$

Se establece de los valores obtenidos el diámetro mayor, es decir, un eje de 19,6 milímetros. Para evitar cualquier inconveniente en la manufactura del eje, se selecciona un eje de diámetro 25,4 milímetros, el cual es el diámetro del agujero de servicio de la caja reductora, con el cual se obtuvieron los siguientes factores de seguridad:

- **Torsión pura**

$$FS = 7,67$$

- **Esfuerzos combinados en el punto E**

$$FS = 4,41$$

- **Esfuerzos combinados en el punto F**

$$FS = 4,35$$

El factor de seguridad de 4,35 que se obtiene cuando el eje trabaja con esfuerzos combinados en el punto F y a su vez, es el factor de seguridad más crítico, fue corroborado a través del software SolidWorks como se observa en el Anexo 5. Así mismo en el Anexo 6, con el uso del software SolidWorks se estableció el factor de seguridad para el eje con todos los detalles de construcción, es decir, con los chaveteros y la las perforaciones, con las cuales se obtuvieron un factor de seguridad de 1,83, el mismo que es aceptable para su respectivo funcionamiento.

### 3.4 Diseño de buje, manzanas y bridas

- **Diseño de buje por torsión pura**

Los bujes al ser los elementos encargado de transmitir el torque recibido por el eje de transmisión, se los calculara únicamente por torsión pura aplicando las ecuaciones (8) y (9) mostradas anteriormente, considerando que son ejes huecos.

$$\frac{Sy}{FS} = \frac{16 * T}{\pi * (d_e - d_i)^3}$$

En donde:

$d_e$ : diámetro exterior

$d_i$ : diámetro interior

Por lo tanto:

$$\frac{206000000 \text{ Nm}}{2} = \frac{16 * 86,377 \text{ Nm}}{\pi * (d_e - 0,0254)^3}$$

$$d_e = 0,04163m$$

$$d_e = 41,63 \text{ mm}$$

Se obtiene como resultado que el diámetro mínimo exterior de los bujes y manzanas que se utilizan en el sistema de agitación es de 41,63 mm, por facilidad de construcción y disponibilidad en el mercado se utilizarán tanto para las manzanas y para el buje ejes huecos de diámetro exterior de 63,5 mm.

Así mismo para la construcción de las bridas, las cuales son las encargadas de aumentar la rigidez en el eje se utilizarán placas base redondas tipo eje hueco de diámetro exterior de 95 mm.

### 3.5 Diseño del espesor de la hoja del impulsor

Las hojas del impulsor deben diseñarse de tal manera que, puedan manejar cargas hidráulicas fluctuantes sin doblarse ni romperse, así mismo, lo más delgadas posibles para conservar el material y minimizar el peso. Estas podrían incluso ser el eslabón más débil de un diseño, debido a que, es más económico cambiar la hoja del impulsor, que el eje de transmisión o en el peor de los casos el reductor de velocidades [34].

Para determinar el espesor de la hoja del impulsor, [34] recomienda utilizar la ecuación (20), en donde establece que el cálculo no se realiza en la punta del impulsor, sino a una x distancia del 60% de la hélice.

$$t = 0,981 * \left( \frac{P}{Nn_b} * \frac{f_L(D/2) - D_s/2}{\sin \alpha [f_L(D/2)]W\sigma_b} \right)^{1/2} \quad (20)$$

Donde:

*N*: número de revoluciones por segundo del sistema de agitación

*n<sub>b</sub>*: número de hojas = 2

*P*: potencia del sistema = 372,85 W

*f<sub>L</sub>*: fracción de ubicación = 0,6

*D = D<sub>A</sub>*: diámetro del impulsor

*D<sub>s</sub>*: longitud de hélice = 0,19 m

*W*: ancho de hélice = 0,075 m

*σ<sub>b</sub> = Sy*: esfuerzo de fluencia AISI 304 = 2,06 x 10<sup>8</sup> Pa

*α*: ángulo de inclinación de hélice = 20°

Por lo tanto:

$$t = 0,981 * \left( \frac{372,85}{0,283 * 2} * \frac{0,6 * \left(0,445/2\right) - 0,19/2}{\sin 20 \left[0,6 \left(0,445/2\right)\right] 0,075 * 206000000} \right)^{1/2}$$

$$t = 0,00588m$$

$$t = 5,88mm$$

Por facilidad de construcción se establece un espesor de la hoja del impulsor de 6 mm, además se realizó un alabeado en la misma para evitar el contacto frontal con la mezcla y aumentar la eficacia de mezclado.

### 3.6 Selección de rodamientos

Se utilizarán dos cojinetes para una correcta sujeción en el ensamble del agitador, de los cuales, el cojinete A mostrado en la Figura 33, recibirá la carga axial.

#### 3.6.1 Cojinete A

$$F_A = F_t = 4418,571 N$$

Según [67] para obtener la carga dinámica del cojinete se utilizan las ecuaciones (21) y (22).

$$X_D = \frac{L_D * N_D * 60}{1 \times 10^6} \quad (21)$$

En donde:

$L_D$ : vida útil en horas

$N_D = N$  = revoluciones por minuto

Según [67], para determinar la vida en horas de un cojinete se utiliza la Tabla 11-4, mostrada en la Figura 42.

<b>Tabla 11-4</b> Recomendaciones de vida de cojinetes para varias clases de maquinaria	Tipo de aplicación	Vida, kh
	Instrumentos y aparatos de uso poco frecuente	Hasta 0.5
	Motores de aeronaves	0.5-2
	Máquinas de operación corta o intermitente, donde la interrupción del servicio resulta de poca importancia	4-8
	Máquinas de servicio intermitente donde una operación confiable es de gran importancia	8-14
	Máquinas para servicio de 8 h, que no siempre se usan completamente	14-20
	Máquinas para servicio de 8 h, que se utilizan plenamente	20-30
	Máquinas para servicio continuo las 24 h	50-60
	Máquinas para un servicio continuo de 24 h, donde la confiabilidad es de suma importancia	100-200

**Figura 42.** Recomendaciones de vida de cojinetes [67].

Donde se considera que el agitador tendrá un servicio intermitente y su operación es de gran importancia, es decir:

$$L_D = 8 \text{ kh}$$

Por lo tanto:

$$X_D = \frac{8000h * 17 \text{ rpm} * 60}{1 \times 10^6}$$

$$X_D = 8,16$$

- **Carga dinámica**

$$C_{10} = F_D * a_f * \left[ \frac{X_D}{X_0 + (\theta - X_0) * (1 - R_D)^{\frac{1}{b}}} \right]^{\frac{1}{a}} \quad (22)$$

En donde:

$C_{10}$ : carga dinámica

$F_D = F_t$ : fuerza requerida

$R_D$ : confiabilidad

$a_f$ : factor de carga

$X_0 = 0,02$

$\theta - X_0 = 4,439$

$b = 1,483$

El factor de carga se obtiene de la Tabla 11-5 [67], mostrada en la Figura 43.

Tabla 11-5	Factores de aplicación de carga	
	Tipo de aplicación	Factor de carga
	Engranajes de precisión	1.0-1.1
	Engranajes comerciales	1.1-1.3
	Aplicaciones con sellos deficientes en los cojinetes	1.2
	Maquinaria sin impactos	1.0-1.2
	Maquinaria con impactos ligeros	1.2-1.5
	Maquinaria con impactos moderados	1.5-3.0

**Figura 43.** Factores de aplicación de carga [67].

Donde se considera al agitador una maquina con impactos ligeros, es decir:

$$a_f = 1,5$$

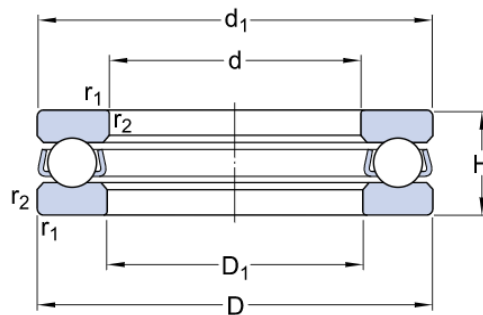
Por lo tanto:

$$C_{10} = 4418,571 \text{ N} * 1,5 \left[ \frac{8,16}{0,02 + 4,439 * (1 - 0,9)^{\frac{1}{1,483}}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$C_{10} = 13527,9 \text{ N}$$

Con la carga dinámica obtenida se procede a seleccionar el cojinete, el mismo que debe soportar dicha carga y a su vez posea un diámetro interno adecuado al eje de transmisión del agitador.

Según las especificaciones de la SKF [79], se seleccionó el rodamiento 51205, mostrado en la Figura 44 con las siguientes características y dimensiones.



**Figura 44.** Dimensiones rodamiento [79].

$$D_1 = 27 \text{ mm}$$

$$d = 25 \text{ mm}$$

$$H = 15 \text{ mm}$$

$$D = 47 \text{ mm}$$

$$C_{10} = 26,5 \text{ kN}$$

$$C_0 = 50 \text{ kN}$$

Como se observa la carga dinámica que soporta el cojinete es mayor que la calculada, es decir, que cumple con el requerimiento.

$$C_{10_{calculada}} \leq C_{10_{cojinete}}$$

$$13527,9 \text{ N} \leq 26500 \text{ N}$$



Como se mencionó anteriormente el cojinete A soporta la carga axial  $F_a$  del eje.

$$F_a = 72,941 \text{ N}$$

Por lo que, se requiere calcular la segunda carga dinámica a través de las ecuaciones (21) y (22) [67].

$$F_e = X * V * F_R + Y * F_a \quad (23)$$

En donde:

$F_e$ : fuerza equivalente

$F_R = F_t$ : fuerza requerida

$V$ : valor obtenido dependiendo del giro del anillo de cojinete = 1

Los coeficientes  $X$  y  $Y$  se establecerán de la Tabla 11-1 mostrada en la Figura 42, con base a las siguientes relaciones [67].

$$\frac{F_a}{C_0} = \frac{72,941 \text{ N}}{50000 \text{ N}}$$

$$\frac{F_a}{C_0} = 0,0015$$

Con la relación obtenida se encuentra el coeficiente  $e$ , de la Tabla antes mencionada, mostrada en la Figura 45.

**Tabla 11-1**  
Factores de carga radial equivalente para cojinetes de bolas

$F_a/C_0$	$e$	$F_a/(VF_R) \leq e$		$F_a/(VF_R) > e$	
		$X_1$	$Y_1$	$X_2$	$Y_2$
0.014*	0.19	1.0	0	0.56	2.30
0.021	0.21	1.0	0	0.56	2.15
0.028	0.22	1.0	0	0.56	1.99
0.042	0.24	1.0	0	0.56	1.85
0.056	0.26	1.0	0	0.56	1.71
0.070	0.27	1.0	0	0.56	1.63
0.084	0.28	1.0	0	0.56	1.55
0.110	0.30	1.0	0	0.56	1.45
0.17	0.34	1.0	0	0.56	1.31
0.28	0.38	1.0	0	0.56	1.15
0.42	0.42	1.0	0	0.56	1.04
0.56	0.44	1.0	0	0.56	1.00

\* Utilice 0.014 si  $F_a/C_0 < 0.014$ .

**Figura 45.** Factores de carga radial equivalente para cojinetes de bolas [67].

En donde:

$$e = 0,19$$

$$\frac{F_a}{V * F_R} = \frac{72,941N}{1 * 4418,571N} = 0,017$$

$$\frac{F_a}{V * F_R} \leq e$$

$$0,017 \leq 0,19$$

Por ende:

$$X = X_1 = 1$$

$$Y = Y_1 = 0$$

Reemplazando los coeficientes calculados en (21), se obtiene una fuerza equivalente:

$$Fe = 1 * 1 * 4418,571 N + 0 * 72,941N$$

$$Fe = 4418,571 N$$

Con la fuerza equivalente se obtiene la segunda carga dinámica con (20), tomando en consideración que  $F_D$  es reemplazada por  $F_e$ .

$$C_{10_2} = 4418,571 N * 1,5 \left[ \frac{8,16}{0,02 + 4,439 * (1 - 0,9)^{\frac{1}{1,483}}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$C_{10_2} = 13527,9 N$$

Con la segunda carga dinámica obtenida se comprueba que el cojinete seleccionado es adecuado, de la siguiente manera:

$$C_{10_2} \leq C_{10_1}$$

$$13527,9 N \leq 13527,9 N$$

Por lo tanto, el cojinete 51205 es adecuado para aplicar en el punto A.

### 3.6.2 Cojinete B

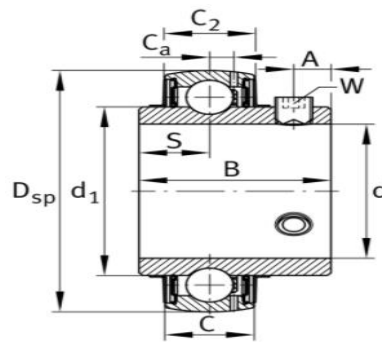
$$F_B = F_t = 4761,85 \text{ N}$$

Para obtener la carga dinámica del cojinete se utilizan las ecuaciones (19) y (20), con un factor de carga de 1,2.

$$X_D = 8,16$$

$$C_{10_1} = 11663,1 \text{ N}$$

Con el valor de la carga dinámica se seleccionó el cojinete UC205 mostrado en la Figura 46, que posee las siguientes características y dimensiones [80].



**Figura 46.** Dimensiones rodamiento UC205 [80].

$$D_{sp} = 52 \text{ mm}$$

$$d = 25 \text{ mm}$$

$$B = 34,1 \text{ mm}$$

$$C_{10} = 14 \text{ kN}$$

$$C_0 = 7,8 \text{ kN}$$

Como se observa la carga dinámica que soporta el cojinete es mayor que la calculada, es decir, que cumple con el requerimiento.

$$C_{10_{calculada}} \leq C_{10_{cojinete}}$$

$$11663,1 \text{ N} \leq 14000 \text{ N}$$

### 3.7 Cálculo de soldadura

El proceso de soldadura se llevará a cabo para la sujeción entre el bocín y los impulsores del agitador, por lo que es importante establecer las dimensiones correctas y los esfuerzos que intervienen.

- **Fuerza cortante**

Para calcular las fuerzas cortantes por unidad de longitud de soldadura se considera el peso y la fuerza hidrostática, que actúan perpendicular a soldadura, a través de las ecuaciones (24) (25).

$$F_{s_1} = \frac{V}{A_w} \quad (24)$$

En donde:

$F_{s_1}$ : fuerza cortante vertical por unidad de longitud de soldadura

$V$ : fuerza cortante

$A_w$ : área cortante por unidad de longitud de soldadura

Por lo tanto:

$$\begin{aligned} F_{s_1} &= \frac{6,9219 \text{ N}}{2b + 2d} \\ F_{s_1} &= \frac{6,9219 \text{ N}}{2 * 75\text{mm} + 2 * 6\text{mm}} \\ F_{s_1} &= 0,04272 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \\ F_{s_1} &= 42,72 \frac{\text{N}}{\text{m}} \end{aligned}$$

Para la siguiente ecuación se establece el peso y la fuerza hidrostática.

$$F_{s_2} = \frac{W + Fr_{2y}}{A_w} \quad (25)$$

En donde:

$W$ : peso de la paleta del impulsor

$Fr_{2y}$ : fuerza hidroestática

Por lo tanto:

$$F_{S_2} = \frac{6,9219 \text{ N} + 54,585 \text{ N}}{2 * 75\text{mm} + 2 * 6\text{mm}}$$

$$F_{S_2} = 0,3796 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

$$F_{S_2} = 379,67 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Para determinar el factor geométrico apropiado es necesario establecer el tipo de carga y las dimensiones de la soldadura, se selecciona el caso 7 que se presenta en la Figura 47.

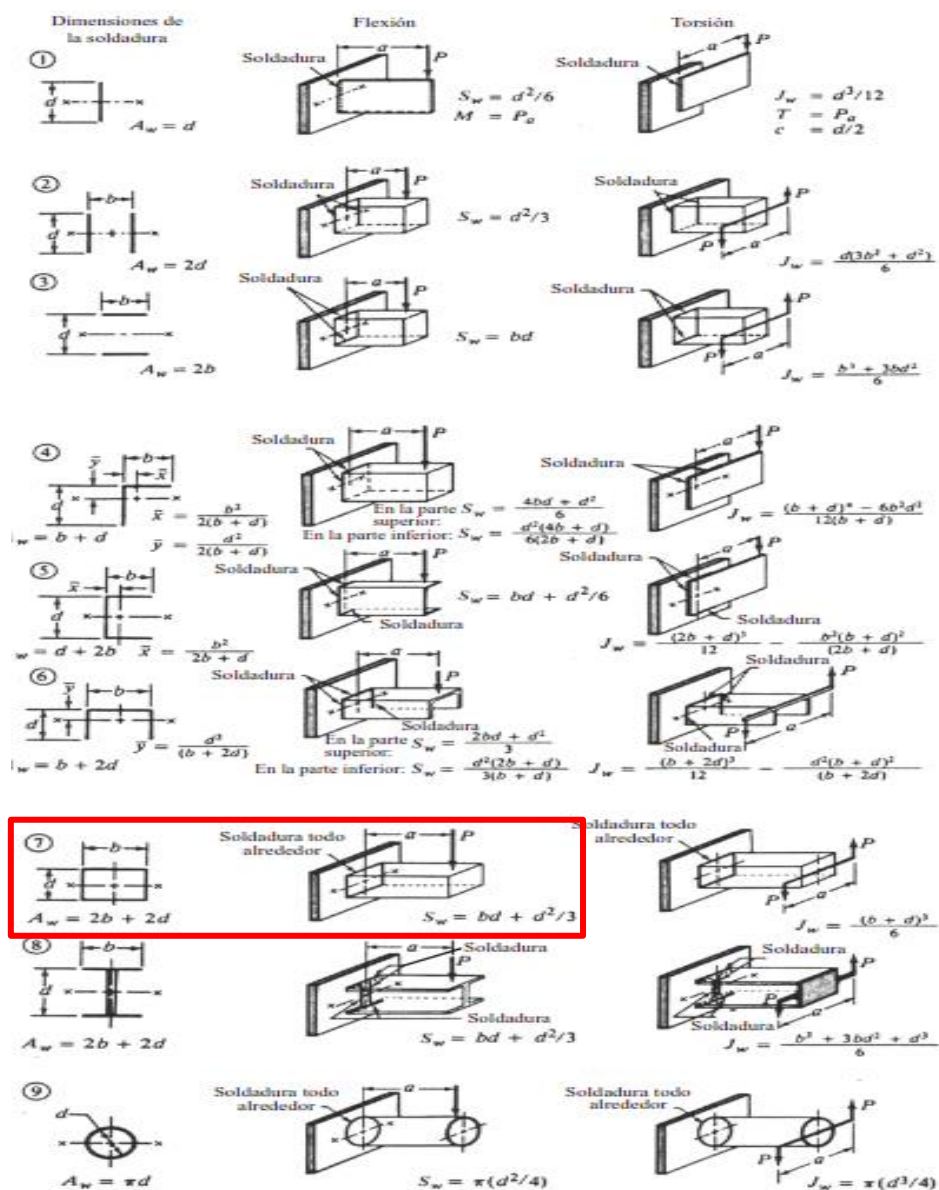


Figura 47. Factores geométricos para el análisis de soldadura [81].

- **Módulo de sección de soldadura**

$$S_w = bd + \frac{d^2}{3} \quad (26)$$

En donde:

$S_w$ : módulo de sección por unidad de longitud de soldadura

Por lo tanto:

$$S_w = (75\text{mm} * 6\text{mm}) + \frac{(6\text{mm})^2}{3}$$

$$S_w = 462 \text{ mm}^2$$

$$S_w = 0,000462 \text{ m}^2$$

- **Carga de flexión**

Para establecer la carga de flexión que actúa sobre la soldadura se considera el momento ejercido por el peso y la fuerza hidrostática con respecto al eje Y, utilizando las ecuaciones (27), (28).

$$F_{b_1} = \frac{M}{S_w} \quad (27)$$

En donde:

$F_b$ : carga de flexión por unidad de longitud de soldadura

$M$ : momento flector

Por lo tanto:

$$F_{b_1} = \frac{6,9219 \text{ N} * \frac{0,225}{2} \text{ m}}{0,000462 \text{ m}^2}$$

$$F_{b_1} = 1674,65 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Para la siguiente ecuación se establece el peso y la fuerza hidrostática.

$$F_{b_2} = \frac{(W + Fr_{2y}) * d}{S_w} \quad (28)$$

$$F_{b_2} = \frac{(6,9219 \text{ N} + 54,585 \text{ N}) * \frac{0,225}{2} \text{ m}}{0,000462 \text{ m}^2}$$

$$F_{b_2} = 14977,3 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

- **Fuerza resultante**

Para establecer la fuerza resultante se utiliza la ecuación (27), en donde intervienen las fuerzas cortantes y las fuerzas a flexión.

$$F_R = \sqrt{(F_{b_1})^2 + (F_{b_2})^2 + (F_{s_1})^2 + (F_{s_2})^2} \quad (29)$$

En donde:

$F_R$ : fuerza resultante

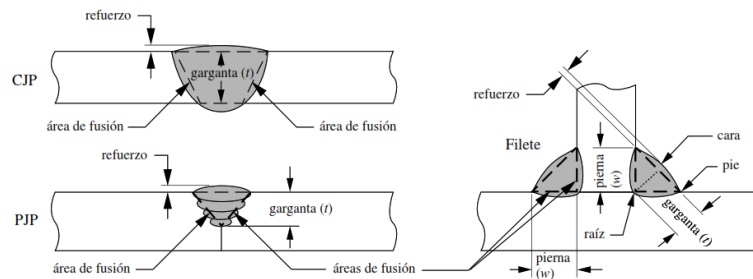
Por lo tanto:

$$F_R = \sqrt{(1674,65 \frac{N}{m})^2 + (14977,3 \frac{N}{m})^2 + (42,72 \frac{N}{m})^2 + (379,67 \frac{N}{m})^2}$$

$$F_R = 15075,5 \frac{N}{m}$$

- **Dimensión de la pierna de soldadura**

En la Figura 48 se observan las dimensiones que se debe considerar en el proceso de soldadura para que cumpla con su correcta función, las cuales serán definidas a continuación.



**Figura 48.** Dimensiones de la garganta en juntas soldadas [82].

Para determinar la dimensión de la pierna de soldadura se debe considerar el esfuerzo a fluencia del electrodo ER-308LSi, que se muestra en el Anexo 2.

$$w = \frac{F_R}{0,3 * S_y * \text{sen } 45} \quad (30)$$

En donde:

$w$ : dimensión de la pierna de la soldadura

$S_y$ : esfuerzo a la fluencia del electrodo ER – 308LSi = 350 MPa

Por lo tanto:

$$w = \frac{15075,5 \frac{N}{m}}{0,3 * 350000000 \frac{N}{m^2} * \text{sen } 45}$$

$$w = 0.000203m$$

$$w = 0.20 \text{ mm}$$

El código AWS D1.1 de soldadura estructural define tamaños mínimos de soldaduras, según el espesor del material que se esté soldando, para garantizar la aplicación suficiente de calor y lograr así una buena fusión [82].

La Tabla 12-2 de [82], mostrada en la Figura 49 indica el tamaño mínimo de la soldadura en filetes.

Tabla 12-2	
Tamaños mínimos de soldadura en filetes*	
Espesor del metal base (T)	Tamaño mínimo de la soldadura
tamaño en pulgadas	
$T \leq 1/4$	1/8
$1/4 < T \leq 1/2$	3/16
$1/2 < T \leq 3/4$	1/4
$3/4 < T$	5/16
tamaños en mm	
$T \leq 6$	3
$6 < T \leq 12$	5
$12 < T \leq 20$	6
$20 < T$	8

\* Fuente: tabla 5.8 AWS D1.1

Figura 49. Tamaños mínimos de soldadura en filetes [82]

Por lo tanto, se selecciona un tamaño de pierna de 3 mm el mismo que es mayor que el valor calculado, por lo que es óptimo para el proceso.

- **Longitud garganta**

$$t = 0,707 * w \quad (31)$$

En donde:

*t*: longitud de garganta

Por lo tanto:

$$t = 0,707 * 3 \text{ mm}$$

$$t = 2,12 \text{ mm}$$



### 3.8 Cálculo de bastidor

En el diseño del bastidor se debe tener en consideración ciertos requisitos técnicos como: resistencia, aspecto, rigidez, peso, costo de fabricación, tamaño y limitación de vibración [81].

El material que se utiliza en la estructura es AISI 304 con un esfuerzo a la fluencia de 206 MPa y un módulo de elasticidad 190 GPa, donde se debe considerar todas las fuerzas que influyen en el bastidor, las cuales son:

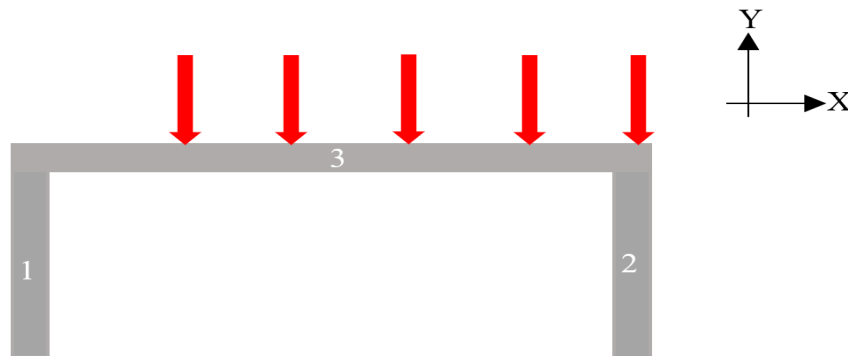
*Eje, impulsores y elementos* = 130 N

*Mosto de mortíño* = 59,81 N

*Reductor, base* = 57,35 N

*Fuerza total* = 247,16 N

Para el análisis del bastidor, a este se lo considera como una viga de perfil C, como la mostrada en la Figura 50, debido a que, la fuerza actúa sobre el eje Y, a la cual para el análisis se lo dividirá en tres elementos geométricos.



**Figura 50.** Perfil C de bastidor. **Elaborado por:** Bustillos Janio, Obando Carolina

#### Esfuerzo a flexión

En un principio se debe establecer el esfuerzo admisible a flexión permitido por el material AISI 304, a través de la ecuación (32).

$$F_b = 0,66 * F_y \quad (32)$$

En donde:

$F_b$ : *esfuerzo admisible a flexión*

$F_y = S_y$ : *esfuerzo a fluencia*

Por lo tanto:

$$F_b = 0,66 * 206 \text{ MPa}$$

$$F_b = 135,96 \text{ MPa}$$

Mediante la ecuación (33), se obtiene el módulo de sección.

$$f_b = \frac{M_x}{S_x} = F_b \quad (33)$$

$$S_x = \frac{M_x}{F_b}$$

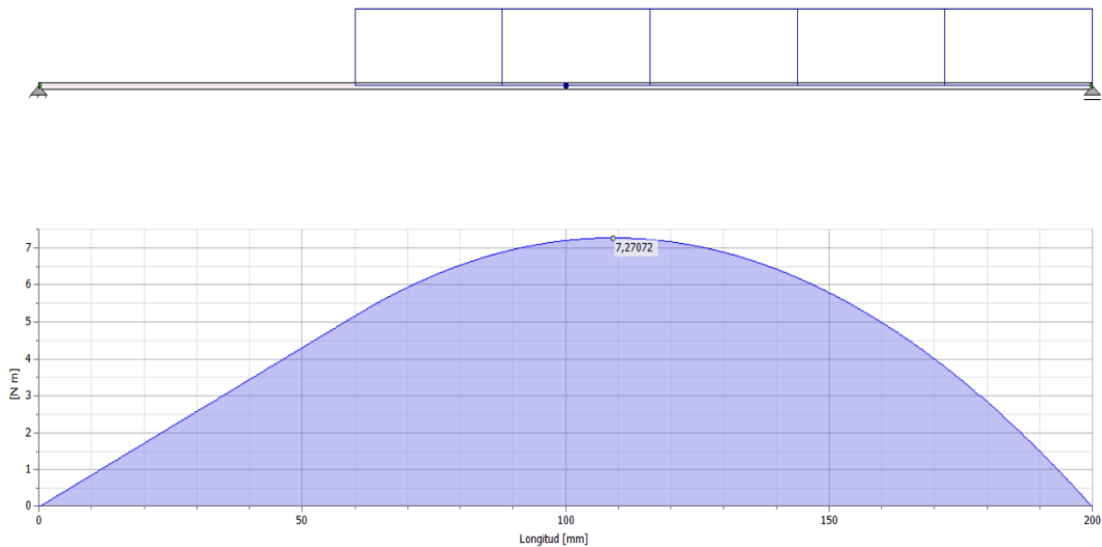
En donde:

$f_b$ : *esfuerzo a flexión calculado.*

$M_x$ : *momento generado por la carga*

$S_x$ : *módulo de sección.*

Para comprobar el momento generado, se utilizó un software especializado como se observa en la Figura 51, el cual fue verificado teóricamente a través de las ecuaciones que dicta el manual de la AISC.



**Figura 51.** Momento generado por la carga sobre el bastidor. **Elaborado por:** Bustillos Janio, Obando Carolina

Por lo tanto:

$$S_x = \frac{7,27 \text{ Nm}}{135,96 \times 10^6 \text{ Pa}}$$

$$S_x = 5,34 \times 10^{-8} \text{ m}^3$$

$$S_x = 53,496 \text{ mm}^3$$

### **Inercia en el eje X**

Para establecer la inercia en el eje X, se considerará los 3 elementos geométricos que se observan en la Figura 49.

- **Centros de gravedad**

$$Y_1 = 75 \text{ mm}$$

$$Y_2 = 75 \text{ mm}$$

$$Y_3 = 147 \text{ mm}$$

- **Área**

$$A_1 = 3 * 150 = 450 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 3 * 150 = 450 \text{ mm}^2$$

$$A_3 = 3 * 195,5 = 586,5 \text{ mm}^2$$

- **Distancia al centro de gravedad**

$$\bar{Y} = \frac{A_1 * Y_1 + A_2 * Y_2 + A_3 * Y_3}{A_1 + A_2 + A_3} \quad (34)$$

$$\bar{Y} = \frac{450 * 75 + 450 * 75 + 586,5 * 147}{450 + 450 + 586,5}$$

$$\bar{Y} = 103,408 \text{ mm}$$

- **Inercias**

Para obtener la inercia de cada elemento se utiliza el teorema de ejes paralelos que se observa en la ecuación (35).

$$I = (I_o + A * d^2) \quad (35)$$

En donde:

*$I_o$ : inercia del cuerpo*

*$A$ : área del cuerpo*

*$d$ : distancia desde el centro de gravedad del cuerpo al centro de gravedad del conjunto*

Por lo tanto:

$$I_1 = 1,20 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = 1,20 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_3 = 1,11 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

Para obtener la inercia total se utiliza la ecuación (36).

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 \quad (36)$$

$$I_{T_x} = 3,51 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

### **Inercia en el eje Y**

Para establecer la inercia en el eje Y, se considerará 3 elementos geométricos.

- **Centros de gravedad**

$$X_1 = 99 \text{ mm}$$

$$X_2 = 99 \text{ mm}$$

$$X_3 = 0 \text{ mm}$$

- **Área**

$$A_1 = 3 * 150 = 450 \text{ mm}^2$$

$$A_2 = 3 * 150 = 450 \text{ mm}^2$$

$$A_3 = 3 * 195,5 = 586,5 \text{ mm}^2$$

- **Inercias**

Para obtener la inercia de cada elemento se utiliza el teorema de ejes paralelos que se observa en la ecuación (33).

Por lo tanto:

$$I_1 = 4,41 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = 4,41 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

$$I_3 = 1,86 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

Para obtener la inercia total se utiliza la ecuación (34).

$$I_{T_y} = 10,68 \times 10^6 \text{ mm}^4$$

### **Módulo de sección**

Para establecer el módulo de sección se debe considerar la Inercia menor, en este caso es la inercia con respecto al eje X.

$$S_x = \frac{I_x}{C} \quad (37)$$

En donde:

$I_x$ : inercia con respecto al eje X

$C$ : distancia desde el centro de gravedad al eje de referencia

Por lo tanto:

$$S_x = \frac{3,51 \times 10^6 \text{ mm}^4}{103,408 \text{ mm}}$$
$$S_x = 33943,2 \text{ mm}^3$$

Donde se establece que el  $S_x$  que posee la viga de perfil C es de  $33943,2 \text{ mm}^3$ , mientras que el módulo de sección mínimo admisible para soportar las cargas es de  $53,496 \text{ mm}^3$ .

### Deflexión calculada

$$\Delta_{max} = \frac{Wx}{24EIL} * [a^2(2L - a)^2 - 2ax^2(2L - a) + Lx^3] \quad (38)$$

En donde:

$\Delta_{max}$ : deflexión calculada

$L$ : longitud total de la viga

$a$ : longitud de la Fuerza distribuida

$x$ : distancia medida desde la reacción =  $90,93 \text{ mm}$

$W$ : fuerza distribuida

$E$ : módulo de elasticidad

$I$ : inercia

Por lo tanto:

$$\Delta_{max} = 5,08 \times 10^{-5} \text{ mm}$$

### Deflexión admisible

Para determinar la deflexión admisible en la ecuación (39) como dice el manual de AISC, se toma la longitud  $L$  en pulgadas.

$$[\Delta] = \frac{L}{350} \quad (39)$$

En donde:

$[\Delta]$ : deflexión admisible

Por lo tanto:

$$[\Delta] = \frac{7,87 \text{ plg}}{350}$$

$$[\Delta] = 0,0224 \text{ plg}$$

$$\Delta_{max} \leq [\Delta]$$

$$5,08 \times 10^{-5} \text{ mm} \leq 0,54 \text{ mm}$$

Por lo tanto, las dimensiones que posee el bastidor son aptas para soportar las cargas que influyen sobre él, adicionalmente por la posición en la que se ubicara el mismo, se adicionaron nervios y apoyos laterales para evitar cualquier inconveniente

### 3.9 Cálculo de chaveta

La chaveta al ser un elemento mecánico que permite la transferencia de potencia entre dos elementos, se la utilizará para la unión entre el eje de transmisión y las manzanas de las hélices, teniendo en cuenta el material y sus dimensiones que se detallan en la Figura 52, para evitar deslizamientos de piezas, desgaste o rotura por cizallamiento [83]. Es necesario analizar a la chaveta tanto por esfuerzo cortante y esfuerzo de aplastamiento.

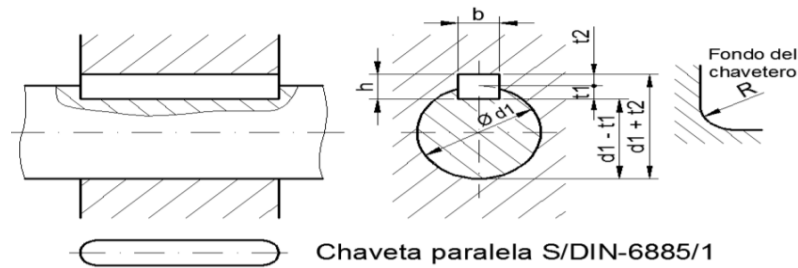


Figura 52. Dimensiones chaveta y chavetero [84].

- **Momento par**

Para calcular con base al momento par, la fuerza que impacta en la chaveta se despejara de la ecuación (40).

$$Mp = \left[ F * \frac{d}{2} \right] \quad (40)$$

En donde:

***Mp***: momento par = 129 Nm

***F***: fuerza que soporta la chaveta

***d***: diametro del eje

Por lo tanto:

$$F = \frac{2 * Mp}{d}$$

$$F = \frac{2 * 129 * 0,9Nm}{25,4mm * \frac{1m}{1000mm}}$$

$$F = 9141,73 N$$

- **Esfuerzo cortante**

Para establecer el esfuerzo cortante se utilizará la ecuación (41).

$$\tau_{corte} = 0,5 Sy \quad (41)$$

En donde:

$\tau_{corte}$ : *esfuerzo cortante*

$Sy$ : *esfuerzo de fluencia* = 206 MPa

Por lo tanto:

$$\tau_{corte} = 0,5 * 206MPa$$

$$\tau_{corte} = 103MPa$$

Obtenido el esfuerzo cortante se prosigue a la ecuación (42), para obtener la longitud de la chaveta, en donde según el Anexo 7 indica que las dimensiones de ancho y altura se consideran estándar según el diámetro del eje.

$$\tau_{corte} = \frac{F}{b * L} \quad (42)$$

En donde:

$b$ : *ancho de la chaveta* = 8 mm

$L$ : *longitud de la chaveta*

Por lo tanto:

$$103 \times 10^6 \frac{N}{m^2} = \frac{9141,73 N}{8mm * \frac{1m}{1000mm} * L}$$

$$L = 11,09 mm$$

- **Esfuerzo de aplastamiento**

Para obtener el esfuerzo de aplastamiento se utilizará la ecuación (43).

$$\sigma_{\text{aplastamiento}} = \frac{Sy}{N} \quad (43)$$

En donde:

***N***: factor de seguridad

Por lo tanto:

$$\sigma_{\text{aplastamiento}} = \frac{206 \text{ MPa}}{5}$$

$$\sigma_{\text{aplastamiento}} = 41,2 \text{ MPa}$$

Con el esfuerzo de aplastamiento y la ecuación (44) se encuentra la longitud de la chaveta.

$$\sigma_{\text{aplastamiento}} = \frac{F}{\frac{h}{2} * L} \quad (44)$$

En donde:

***h***: altura de la chaveta = 7mm

Por lo tanto:

$$41,2 \times 10^6 \frac{N}{m^2} = \frac{9141,73 \text{ N}}{\frac{7mm * \frac{1m}{1000mm}}{2} * L}$$

$$L = 63,39 \text{ mm}$$

Para establecer la longitud de la chaveta se debe escoger el valor mayor obtenido entre los cálculos de esfuerzo cortante y esfuerzo de aplastamiento que da un L = 63,39, sin embargo, por diseño y seguridad de la chaveta la cual se encuentra en la manzana de las hélices se considera que tengan un largo de:

$$L = 65 \text{ mm}$$

Obteniendo una chaveta con las siguientes dimensiones:

***b***: ancho de la chaveta = 8 mm

***L***: longitud de la chaveta = 65 mm

***h***: alto de la chaveta = 7 mm



## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS DE LOS COSTOS DEL PROYECTO

#### 4.1 Análisis de costos

Para determinar el costo total de la construcción e implementación del sistema de agitación se requiere establecer todos los materiales, procesos y gastos adicionales que intervienen.

Estos se los clasifica de la siguiente manera:

- **Costos directos:** fabricación, materia prima y mano de obra
- **Costos indirectos:** materiales consumibles y costos no recuperables

##### 4.1.1 Costos directos

Según [85] los costos directos, son aquellos que se relacionan de forma clara con el producto o servicio, los cuales establecen con exactitud la cantidad y costo de los mismo, entre los que se consideran: la fabricación, materia prima y mano de obra.

- **Costo materia prima y elementos**

En la Tabla 7, se detallan los costos de materia prima, elementos normalizados y material eléctrico que se utilizaran para fabricación del sistema de agitación y el control eléctrico del mismo.

**Tabla 7.** Costos de materia prima y materiales normalizados

Costos de materiales					
Descripción	Material	Dimensiones (mm) / Especificaciones	Cant .	Costo unitario	Costo Total
Eje	Inox AISI 304	Ø 25,4 x 1500	1	32,17	32,17
Eje	Inox AISI 304	Ø 63,5 x 88	2	24,26	48,52
Eje	Inox AISI 304	Ø 50,8 x 90	1	14,73	14,73
Eje	Inox AISI 304	Ø 25,4 x 750	1	15,44	15,44
Eje	Inox AISI 304	Ø 63,5 x 70	1	9,61	9,61
Eje	Inox AISI 304	Ø 38,1 x 30	4	3,33	13,32
Eje	Inox AISI 304	Ø 50,8 x 35	1	3,33	3,33
Plancha	Inox AISI 304	185 x 75 x 6	4	4,23	16,92
Plancha	Inox AISI 304	600 x 155 x 3	1	60,00	60,00
Plancha	Inox AISI 304	320 x 110 x 3	1	45,00	45,00
Plancha	Inox AISI 304	100 x 100 x 6	2	3,95	7,90

Rodamiento	Inox AISI 304	M 205	1	16,60	16,60
Rodamiento	Inox AISI 304	51205	1	16,60	16,60
Perno hexagonal	Inox AISI 304	UNC M8 x 1,25 x 16	5	0,15	0,75
Perno hexagonal	Inox AISI 304	UNC M8 x 1,25 x 40	6	0,30	1,80
Perno allen	Inox AISI 304	UNC M10 x 1,5 x 25	1	0,40	0,40
Perno allen	Inox AISI 304	UNC M16 x 2,00 x 40	1	1,50	1,50
Perno hexagonal	Inox AISI 304	UNC M8 x 1,25 x 20	4	0,18	0,72
Perno hexagonal	Acero	UNC M5 x 0,8 x 50	2	0,13	0,26
Tuercas hexagonales	Inox AISI 304	UNC M8 x 1,25	15	0,10	1,50
Tuercas hexagonales	Acero	UNC M5 x 0,8	2	0,07	0,14
Anillo de seguridad	Inox AISI 304	Ø 25	1	0,50	0,50
Guardamotor		4,0 - 6,3 A GV2	1	65,84	65,84
Caja para guardamotor		IP 55 GV2	1	22,13	22,13
Cable		AWG THHN 3x16/ 600v	10	0,86	8,58
Prensa estopas		20,36 CAMS /CNC	2	0,41	0,83
Motor monofásico		0,5HP 220 v 1700 rpm	1	231,00	231,00
Caja reductora ortogonal		0,5 HP i=100 129 Nm	1	245,00	245,00
Grapas de cable		#10 x 100	1	2,00	2,00
				<b>TOTAL</b>	<b>636,09</b>

El costo total entre la materia prima, elementos normalizados y elementos eléctricos es de 636,09 USD.

- **Costo de uso de maquinaria**

Así mismo, en la Tabla 8 se detallan los costos de cada proceso de mecanizado que se requiere para la construcción del sistema.

<b>Tabla 8. Costos de uso de maquinaria</b>				
<b>Costos de uso de maquinaria</b>				
<b>Descripción</b>	<b>Cant.</b>	<b>Horas</b>	<b>Costo unitario</b>	<b>Costo Total</b>
Doblado	9		2,50	22,50
Mecanizado torno		12	12,00	144,00
Mecanizado fresadora		15	15,00	225,00
Soldadura TIG		14	25,00	350,00
Taladro/ sacabocado	1		5,00	5,00
Taladro		1	1,50	1,50
Amoladora		2	1,50	3,00
Machuelo	16		2,00	32,00
<b>TOTAL</b>				<b>751,00</b>

El costo total del uso de la maquinaria es de 751,00 USD.

- **Costo de mano de obra**

En el Ecuador el ministerio de trabajo hasta el año 2021, determinó un salario mínimo 400 USD, tomando en consideración que se labora 8 horas al día durante los 5 días laborables de la semana y por 4 semanas al mes, dando un total de 160 horas mensuales. En el caso de los técnicos especialistas el suelo varía según se destreza, por lo tanto, en la Tabla 9 se establece los costos por mano de obra.

**Tabla 9.** Costos de mano de obra

<b>Costos de mano de obra</b>			
<b>Trabajador</b>	<b>Horas de trabajo</b>	<b>Costo por hora</b>	<b>Total</b>
Mecánico Tornero	13	3,00	39,00
Mecánico Fresador	16	3,00	48,00
Soldador	15	3,50	52,50
Ayudante	60	2,50	15,00
<b>TOTAL</b>			<b>289,50</b>

El costo total de mano de obra es de 289,50 USD.

- **Costos directos totales**

En la Tabla 10 se resume los costos directos correspondientes a la fabricación y montaje del sistema de agitación.

**Tabla 10.** Costos directos totales

<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
Materiales	636,09
Uso de maquinaria	751,00
Mano de obra	289,50
<b>TOTAL</b>	<b>1676,59</b>

#### 4.1.2 Costos indirectos

Los costos indirectos están implícitos en los procesos productivos, no obstante, estos no se interrelacionan con el producto final [85], sin embargo, son costos indispensables para establecer el costo total de un proyecto o servicio.

- **Costos de transporte**

Los costos por transporte se dividieron en los viajes hacia el lugar de implementación y locales comerciales para adquirir material.

**Tabla 11.** Costo del transporte

<b>Costos del transporte</b>			
<b>Transporte</b>	<b>Cant</b>	<b>Costo por flete</b>	<b>Total</b>
Verificación de lugar	2	30,00	60,00
Materiales	2	5,00	10,00
Máquina a Quinticusig	1	60,00	60,00
<b>TOTAL</b>			130,00

El costo de transporte total es de 130,00 USD.

- **Costos de imprevistos**

Se establece como costo de imprevistos a los viajes extras realizados por cambios de diseño e infraestructura del lugar y demás costos que surgieron a lo largo del diseño y fabricación del equipo.

**Tabla 12.** Costo de imprevistos

<b>Costos de imprevistos</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Total</b>
Viajes extras	80,00
Gastos varios	50,00
<b>TOTAL</b>	130,00

El costo de imprevisto total es de 130,00 USD.

- **Costos indirectos totales**

En la Tabla 13 se resume los costos indirectos correspondientes al transporte e imprevistos.

**Tabla 13.** Costos totales de los imprevistos

<b>Costos totales de imprevistos</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Total</b>
Transporte	130,00
Imprevistos	130,00
<b>TOTAL</b>	260,00

#### 4.1.3 Costos totales

Para determinar el costo total de la construcción e implementación del sistema de agitación se debe realizar la sumatoria de los costos directos e indirectos.

**Tabla 14.** Costos totales de la construcción e implementación

<b>Costos totales</b>	
<b>Costos</b>	<b>Valor</b>
Costos directos	1676,59
Costos indirectos	260,00
<b>TOTAL</b>	1936,60

## 4.2 Análisis económico

### 4.2.1 Costo de depreciación

La depreciación o devaluación es la disminución que sufre un objeto o activo en el transcurso del tiempo, o a su vez por su uso, cuyo deterioro es normal y afecta directamente la vida útil del del activo hasta llegar al punto de inutilizarlo [86]. Para calcular esta desvalorización se utiliza la ecuación (45).

$$D = \frac{C - S}{n} \quad (45)$$

En donde:

*D*: depreciación anual ( $\frac{USD}{año}$ )

*C*: costo inicial del activo (USD) = 1936,60

*S*: valor residual (USD)

*n*: vida útil (años)

Por lo tanto:

Según [87], el valor residual para la maquinaria se considera del 10% del costo inicial del activo y a su vez establece que la vida útil de estos equipos es de 10 años.

$$D = \frac{1936,60 - 193,66}{10}$$
$$D = 174,29 \frac{USD}{año}$$

### 4.2.2 Rentabilidad del proyecto

Para verificar la rentabilidad del proyecto se utilizarán los siguientes métodos, tomando en consideración los ingresos que la empresa comunitaria “Perla Andina” obtendría con la implementación del agitador semiautomático, los mismos que sería en un 30%, lo cual da un ingreso anual de 7200 USD.

Para evaluar la viabilidad del proyecto se realizará el cálculo de los siguientes indicadores.

- **VAN (Valor actual neto)**

Es un indicador que determina si un proyecto es rentable a través de los siguientes criterios [88]:

$VAN > 0$ , La inversión es recomendable, genera ganancias

$VAN = 0$ , La inversión no genera ganancias ni pérdidas

$VAN < 0$ , La inversión no es rentable, genera pérdidas

Este valor se obtiene a través de la ecuación (46).

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (46)$$

En donde:

$BN_t$ : beneficios netos del periodo ( $t$ )

$i$ : tasa de descuento

$I_0$ : inversión en el periodo cero

$n$ : vida útil del proyecto

- **TMAR (Tasa mínima aceptable de rendimiento)**

Es un indicador que se utiliza como referencia para establecer si el proyecto puede tener ganancias, esta debe ser superior a la inflación local [89], la cual según el INEC [90] es en promedio entre el 2010 y el 2019 de 2,38%, y a su vez posee un premio al riesgo de inversionista del 10%. Esta tasa se la obtiene con la ecuación (47).

$$TMAR = i + f + (i * f) \quad (47)$$

En donde:

$i$ : premio al riesgo

$f$ : inflación

- **TIR (Tasa interna de retorno)**

Es un valor que indica la rentabilidad de un proyecto anualmente, que es generado por el capital invertido en el proyecto, se lo determina a través de la ecuación (48). Para aceptar un proyecto la TIR tiene que ser mayor que TMAR [88].

$$TIR = \sum_{t=0}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0 = 0 \quad (48)$$

- **PRI (Periodo de recuperación de la inversión)**

Es un indicador que permite al inversionista predecir en cuanto tiempo recuperará el dinero invertido [88], el mismo que se lo obtiene a través de la ecuación (49).

$$PRI = a + \frac{b - c}{d} \quad (49)$$

En donde:

*a*: año inmediato anterior en que se recupera la inversión

*b*: inversión inicial

*c*: flujo de caja acumulado del año inmediato anterior en el que se recupera la inversión

*d*: flujo de caja del año en el que se recupera la inversión

En Tabla 15 se detalla el análisis de los indicadores de rentabilidad para un total de 10 años.

**Tabla 15.** Detalle de indicadores

Detalle de flujo de caja anual proyectada							
AÑO	Inversión	Ingreso anual	Egreso anual	Depreciación anual	Flujo de Caja	Flujo acumulado	Valor Actual
0	1936,6				-1936,6	0	
1		7200	5767,5	174,29	1258,21	1258,21	1186,99
2		7200	5767,5	174,29	1258,21	2516,42	1119,80
3		7200	5767,5	174,29	1258,21	3774,63	1056,42
4		7200	5767,5	174,29	1258,21	5032,84	996,62
5		7200	5767,5	174,29	1258,21	6291,05	940,21
6		7200	5767,5	174,29	1258,21	7549,26	886,99
7		7200	5767,5	174,29	1258,21	8807,47	836,78
8		7200	5767,5	174,29	1258,21	10065,68	789,42
9		7200	5767,5	174,29	1258,21	11323,89	744,73
10		7200	5767,5	174,29	1258,21	12582,10	702,58
<b>VA Total</b>							9260,54
<b>VAN</b>							<b>7323,94</b>
<b>TMAR</b>							<b>12,62%</b>
<b>TIR</b>							<b>65%</b>
<b>PRI</b>							<b>1,5</b>

Con los valores obtenidos en la Tabla 15, se determina lo siguiente:

$$VAN = 7323,94 \text{ USD} > 0$$

$$TMAR = 12,62 \%$$

$$TIR = 65\% > TMAR$$

$$PRI = 1,5 \text{ Años}$$

Debido a que la fermentación en el interior de la marmita dura entre 3 y 4 meses se establece que el periodo de recuperación aproximado seria de 2 años.



## CONCLUSIONES

Con base a la investigación oral y escrita se estableció que el proceso de fermentación del vino tinto de mortiño en la empresa comunitaria “Perla Andina”, se lleva a cabo a través de la mezcla formada por 230 libras de mortiño triturado, levadura, azúcar y 800 litros de agua; a la cual se la almacena en el interior de la marmita de 1000 litros de capacidad, por un lapso de 4 meses aproximadamente para obtener de manera uniforme un grado alcohólico de 10°, aroma, color y sabor del vino tinto.

Se concluyó que es viable y económico la aplicación de un agitador con aspas planas inclinadas por su fácil diseño, construcción e implementación, las cuales son capaces de agitar la mezcla en su totalidad con una longitud correspondiente a la mitad del diámetro del tanque, permitiendo así que esta se mantenga entre 30°C y 35°C, sin estropear el grado de fermentado y reduciendo el tiempo de fermentación a 3,5 meses aproximadamente, dependiendo de la temperatura externa de la marmita.

Después de diseñar los diferentes elementos correspondientes al sistema de agitación, los cuales son: hélices, manzanas, buje, eje, bridas, chavetas, rodamientos y bastidor; se estableció con base a varias literaturas que el eje de transmisión es el elemento más crítico, el cual teóricamente y corroborado por el software SolidWorks 2020, posee un factor de seguridad de 4,1 en la sección completa del eje y 1,83 en los chaveteros, debido a que, es la sección más crítica.

El agitador al mantener contacto con el mosto de mortiño fue construido en acero inoxidable AISI 304 de grado alimenticio, el cual gira a 17 rpm en intervalos de máximo 30 minutos, dos veces a la semana; a través de un motorreductor ortogonal monofásico de 0,5 HP a 220 v, debido a que, la mezcla no debe ser tratada bruscamente.

Se estableció que, con la implementación del agitador, la empresa comunitaria “Perla Andina” incrementara sus ingresos anuales en 7200 USD aproximadamente, de tal manera que, el valor actual neto para 10 años, que es el tiempo de vida útil aproximado de la máquina, es de 7323,94 USD, lo cual lo convierte en un proyecto rentable, así mismo, con base al periodo de recuperación de la inversión, se estimó que el equipo se recuperará en aproximadamente 2 años.

## **RECOMENDACIONES**

Dentro de la implantación de un equipo se debe considerar de manera clara todas las medias que intervengan en el lugar donde se va a ubicar la máquina, para que no existan inconvenientes al momento del montaje de este en el sitio.

Para facilitar el montaje y desmontaje de un equipo se recomienda utilizar uniones apernadas, debido a que, si se requiere el cambio de algún elemento o se necesita trasladar el equipo, estas permitirán realizarlo sin ningún inconveniente.

Para analizar el comportamiento del agitador en diferentes condiciones se recomienda automatizar el sistema de control por medio de un PLC y un variador de velocidad, de tal manera que se pueda estandarizar el proceso en función de las variables de velocidad y tiempo

Para cumplir con los requerimientos solicitados con la implementación del sistema de agitación, es recomendable diseñar varios modelos de sistemas, para visualizar de mejor manera el que cumpla satisfactoriamente con las exigencias.

Es importante tomar en cuenta la corriente eléctrica existente en el lugar en donde se implementará el proyecto, debido a que el sistema de potencia y control depende de ello.

Para un proceso que amerite una limpieza exhaustiva y no se disponga de espacio, se recomienda diseñar los equipos con la mayor cantidad de piezas desmontables posibles, de tal manera, que el o los operarios puedan realizar el proceso de limpieza una vez que hayan sido desmontadas las piezas necesarias.

Se recomienda el uso y la atención a las normas de seguridad tanto en la construcción, como en el montaje del sistema de agitación, para evitar cualquier tipo de incidente o accidente.

## REFERENCIAS

- [1] Inoxmim, *Agitación*, Girona, 2015.
- [2] Diccionario Enciclopédico, Larousse Editorial, 2009.
- [3] L. Cuellar, «Cerveza Artesanal,» 25 Diciembre 2016. [En línea]. Available: <https://www.cerveza-artesanal.co/que-significa-floculacion-en-la-levadura-y-porque-es-importante-saberlo/#:~:text=Floculaci%C3%B3n%20es%20un%20t%C3%A9rmino%20utilizado,la%20levadura%20en%20la%20cerveza.&text=Un%20buen%20ejemplo%20de%20levaduras,no%20ser%20.> [Último acceso: 22 Mayo 2020].
- [4] M. Kessler, «ESSS,» 16 Octubre 2016. [En línea]. Available: <https://www.esss.co/es/blog/flujo-turbulento/>. [Último acceso: 25 Mayo 2020].
- [5] Y. Gonzales , «VIX,» 26 Junio 2011. [En línea]. Available: <https://www.vix.com/es/imj/gourmet/2011/06/26/que-expresa-la-graduacion-alcoholica-de-una-bebida>. [Último acceso: 18 Junio 2020].
- [6] Concepto.de, «Concepto.de,» [En línea]. Available: <https://concepto.de/levadura/>. [Último acceso: 25 Mayo 2020].
- [7] Definiciona, «Definiciona,» 20 Agosto 2017. [En línea]. Available: <https://definiciona.com/mosto/>. [Último acceso: 25 Mayo 2020].
- [8] Consejo nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT, «Consejo nacional de Ciencia y Tecnología CONACYT,» [En línea]. Available: [https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/DEFINICIONES\\_FUNDAMENTACION.pdf](https://www.conacyt.gov.py/sites/default/files/DEFINICIONES_FUNDAMENTACION.pdf). [Último acceso: 25 Noviembre 2020].
- [9] G. Gottau, «Vitónica,» 24 Agosto 2009. [En línea]. Available: <https://www.vitonica.com/alimentos/que-son-y-que-propiedades-tienen-los-taninos>. [Último acceso: 07 Abril 2020].
- [10] Real Academia Española, «Real Academia Española,» 2014. [En línea]. Available: <https://dle.rae.es/vid>. [Último acceso: 2 Abril 2020].
- [11] J. Pérez Porto y A. Gardey, «Definición.DE,» 2013. [En línea]. Available: <https://definicion.de/vinedo/>. [Último acceso: 02 Agosto 2020].

- [12] M. E. Raffino, «Concepto.de,» 5 Octubre 2020. [En línea]. Available: <https://concepto.de/viscosidad/>. [Último acceso: 25 Noviembre 2020].
- [13] J. Pérez y A. Gardey, «Definición.DE,» 2016. [En línea]. Available: <https://definicion.de/vortice/>. [Último acceso: 21 Mayo 2020].
- [14] Aventúrate Ecuador, «Facebook,» 4 Junio 2017. [En línea]. Available: <https://www.facebook.com/aventurateecuador/photos/pcb.1619459281417877/1619457058084766>. [Último acceso: 20 Julio 2020].
- [15] F. Valencia Díaz, *Enología: vinos, aguardientes y licores*, Málaga: Vértice, 2010.
- [16] M. G. Rojas Reino, *Investigación de la historia del vino ecuatoriano y su maridaje con la gastronomía típica ecuatoriana*, Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial, 2012.
- [17] Ministerio de Agricultura y ganadería, «Ministerio de Agricultura y ganadería,» [En línea]. Available: <https://www.agricultura.gob.ec/sigchos-produce-y-comercializa-vino-de-mortino/>. [Último acceso: 05 Abril 2020].
- [18] F. Maisanche, «El vino Perla Andina se elabora en Sigchos,» *Lideres*, Ecuador, 2018.
- [19] G. I. Puerta, «Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio del café,» *Revista Cenicafé*, n° 402, pp. 1-8, 2010.
- [20] CATATU, «CATATU,» 03 Noviembre 2017. [En línea]. Available: <https://catatu.es/blog/fermentacion-vino/>. [Último acceso: 07 Abril 2020].
- [21] ADMINBODEGAINIESTA, «Bodega Iniesta,» 02 Marzo 2017. [En línea]. Available: <https://www.bodegainiesta.es/2017/03/02/fermentacion-del-vino/>. [Último acceso: 07 Abril 2020].
- [22] O. Segarra, *La cultura del vino*, Barcelona: Amat SL, 2007.
- [23] V. Castillo, «Universidad del Bío-Bío,» Octubre 2013. [En línea]. Available: [http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo\\_Uribe\\_Vladimir.pdf](http://repobib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/412/1/Castillo_Uribe_Vladimir.pdf). [Último acceso: 17 Mayo 2020].
- [24] Sistema de dosificación y mezcla, «Sistema de dosificación y mezcla,» Junio 2013. [En línea]. Available: <https://controlvi.com/wp->

content/uploads/2013/06/SDM-principios-de-agitacion-de-fluidos.pdf. [Último acceso: 22 Mayo 2020].

- [25] LINK INDUSTRIAL, «Interempresas,» [En línea]. Available: [https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/7932/agitadores\\_2.pdf](https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/7932/agitadores_2.pdf). [Último acceso: 27 abril 2020].
- [26] M. M. Cobo, B. Gutierrez, A. Torres y M. d. L. Torres, «Preliminary analysis of the genetic diversity and population structure of mortiño (*Vaccinium floribundum* Kunth),» *Biochemical Systematics and Ecology*, nº 64, pp. 14-21, 2016.
- [27] M. Torres y D. Trujillo , *Cultivo in vitro del mortiño (Vaccinium floribundum Kunth)*, Quito: Universidad San Francisco de Quito, 2008.
- [28] P. M. Jorgensen, C. Ulloa y J. Luteyn, *A floristic analysis of the high Andes of Ecuador*, Semantic Scholar, 1995.
- [29] C. Gallardo de la Puente, *Mortiño la Perla de los Andes*, Quito: UDLA, 2015.
- [30] G. Brito, «MetalBoss,» 19 Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.metalboss.com.mx/blog/marmita-industrial>. [Último acceso: 09 Abril 2020].
- [31] V. Moreno, M. Ramírez, C. de la Oliva y E. Moreno, «Buscabiografias.com,» 22 Enero 2019. [En línea]. Available: <https://www.buscabiografias.com/biografia/verDetalle/1862/Denis%20Papin>. [Último acceso: 09 Abril 2020].
- [32] O. Muñoz, «overblog,» 20 Junio 2011. [En línea]. Available: [https://es.overblog.com/Que\\_son\\_y\\_para\\_que\\_sirven\\_los\\_agitadores\\_industriales-1228321767-art233468.html](https://es.overblog.com/Que_son_y_para_que_sirven_los_agitadores_industriales-1228321767-art233468.html). [Último acceso: 20 Abril 2020].
- [33] Agitadores G&G, «Agitadores G&G,» 4 Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://www.agitador.es/blog/agitadores-verticales-comparativa/>. [Último acceso: 20 Abril 2020].
- [34] E. Paul, V. Atiemo-Obeng y S. Kresta, *HandBook of Industrial Mixing*, New Jersey: Wiley-Interscience, 2004.
- [35] Aitor, «ERENOVABLE.COM,» 16 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://erenovable.com/como-funciona-un-motor-electrico/>. [Último acceso: 29 Abril 2020].

- [36] J. Castillo y E. Marrufo, Instalaciones eléctricas básicas, Madrid: Mc Graw Hill, 2018.
- [37] ZUENDO, «ZUENDO,» [En línea]. Available: [https://www.zuendo.com/smartblog/38\\_motor-electrico-y-funciones.html](https://www.zuendo.com/smartblog/38_motor-electrico-y-funciones.html). [Último acceso: 06 Agosto 2020].
- [38] paradacreativa, «TERCESA S.L,» 30 Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://tercesa.com/noticias/los-reductores-velocidad/>. [Último acceso: 29 Abril 2020].
- [39] roydisa, «roydisa,» Julio 03 2017. [En línea]. Available: <https://www.roydisa.es/archivos/3356>. [Último acceso: 29 Abril 2020].
- [40] SolucionesyServicios.biz, «SolucionesyServicios.biz,» [En línea]. Available: <https://www.solucionesyservicios.biz/Motores-y-reductores/Motoreductores/Ejes-coaxiales>. [Último acceso: 10 Agosto 2020].
- [41] TERCESA S.L, «TERCESA S.L,» 13 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://tercesa.com/noticias/reductor-de-engranaje-sinfin/>. [Último acceso: 10 Julio 2020].
- [42] P. Landín, «Pelandintecno- Tecnologia Eso,» 12 Febrero 2018. [En línea]. Available: <http://pelandintecno.blogspot.com/2018/02/tornillo-sin-fin-descripcion-y.html>. [Último acceso: 10 Julio 2020].
- [43] MOTOVARIO, «MOTOVARIO,» [En línea]. Available: <https://www.motovario.com/spa/productos/reductores-ortogonales--serie-b/reductores-ortogonales--fundicion>. [Último acceso: 06 Agosto 2020].
- [44] ggbearings, «GGB,» [En línea]. Available: <https://www.ggbearings.com/es/cojinetes>. [Último acceso: 20 Septiembre 2020].
- [45] IKC BEARING, «Made in China,» [En línea]. Available: [https://es.made-in-china.com/co\\_ikc-bearing/product\\_Ball-Bearing-Auto-Wheel-Hub-Bearing-Taper-Roller-Bearing-Cylindrical-Roller-Bearing-Pillow-Block\\_esoioooig.html](https://es.made-in-china.com/co_ikc-bearing/product_Ball-Bearing-Auto-Wheel-Hub-Bearing-Taper-Roller-Bearing-Cylindrical-Roller-Bearing-Pillow-Block_esoioooig.html). [Último acceso: 20 Septiembre 2020].
- [46] SKF, «SKF,» [En línea]. Available: <https://www.skf.com/co/industry-solutions/two-three-wheelers/applications/transmission/drive-shaft/index.html>. [Último acceso: 29 Abril 2020].

- [47] L. Alargada, «SagaFluid,» 14 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://sagafluid.com/agitadores-industriales-tanques-mezcladores/>. [Último acceso: 10 Marzo 2020].
- [48] VORTEX, «VORTEX,» [En línea]. Available: [http://www.vortex-melangeurs.com/es\\_ES/turbinas.php](http://www.vortex-melangeurs.com/es_ES/turbinas.php). [Último acceso: 29} Abril 2020].
- [49] QuimiNet , «QuimiNet.com,» 07 Mayo 2012. [En línea]. Available: <https://www.quiminet.com/articulos/haga-mas-eficientes-sus-bujes-con-una-novedosa-combinacion-de-materiales-2728102.htm>. [Último acceso: 20 Mayo 2020].
- [50] DGHY Hardware, «Alibaba.com,» [En línea]. Available: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/manufacturer-customized-sleeve-stainless-steel-flange-bushing-60802225212.html>. [Último acceso: 20 Mayo 2020].
- [51] MS INGENIERÍA, «Montajes Soluciones ingeniería,» 15 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://www.ms-ingenieria.com.mx/ingenieria-mecanica/bridas-y-sus-aplicaciones-en-la-industria/>. [Último acceso: 8 Enero 2021].
- [52] X. Cabarcos Pena, «Universidade da Coruña,» Enero 2018. [En línea]. Available: [https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/21186/CabarcosPena\\_Xurxo\\_TFM\\_2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/21186/CabarcosPena_Xurxo_TFM_2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y). [Último acceso: 8 Enero 2021].
- [53] XNANCZ, «XNANCZ,» [En línea]. Available: [https://www.xnanczkxm.com/index.php?main\\_page=product\\_info&products\\_id=33533](https://www.xnanczkxm.com/index.php?main_page=product_info&products_id=33533). [Último acceso: 8 Enero 2021].
- [54] Chacaguasay Lobato y E. M. Chacaguasay Lobato, *Diseño y construcción de una marmita cilíndrica con agitador y fondo esférico con rango de temperatura d 70°C a 80 °C para producción de 50 litros de aderezos*, Quito: Universidad Politécnica Salesiana, 2016.
- [55] L. Colina Irezabal, «Universidad Autónoma Metropolitana,» [En línea]. Available: [http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mlci/mezclado\\_fluidos.pdf](http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mlci/mezclado_fluidos.pdf). [Último acceso: 21 Mayo 2020].

- [56] FluidMix, «FluidMix,» [En línea]. Available: <https://www.agitadoresfluidmix.com/agitadores-de-helice/>. [Último acceso: 29 Abril 2020].
- [57] FluidMix, «FluidMix,» [En línea]. Available: <https://www.agitadoresfluidmix.com/agitador-industrial-vtg/>. [Último acceso: 29 Abril 2020].
- [58] FluidMix, «FluidMix,» [En línea]. Available: <https://www.agitadoresfluidmix.com/agitadores-de-paletas/>. [Último acceso: 29 Abril 2020].
- [59] TIMSA, «TIMSA,» [En línea]. Available: <https://www.timsa.com/agitadores-industriales/agitadores-verticales/agitador-de-velocidad-lenta-ta/>. [Último acceso: 29 Abril 2020].
- [60] Agitec SAS, «Agitec,» [En línea]. Available: <https://www.agitec.fr/agitateurs/8-91/turbines/rushton/>. [Último acceso: 21 Mayo 2020].
- [61] Universidad de Don Bosco, «Universidad de Don Bosco,» 2019. [En línea]. Available: [http://www.udb.edu.sv/udb\\_files/recursos\\_guias/electronica-ingenieria/sistemas-de-control-automatico/2019/iii/guia-8.pdf](http://www.udb.edu.sv/udb_files/recursos_guias/electronica-ingenieria/sistemas-de-control-automatico/2019/iii/guia-8.pdf). [Último acceso: 8 Enero 2021].
- [62] NIVIHE, «NIVIHE,» [En línea]. Available: <https://motores-electricos.com.ar/que-es-un-guardamotor/>. [Último acceso: 21 Enero 2021].
- [63] «Schneider Electric,» [En línea]. Available: <https://www.se.com>. [Último acceso: 8 Enero 2021].
- [64] NKS de México, «NKS de México,» [En línea]. Available: <https://nks.com/es/distribuidor-de-acero-inoxidable/acero-inoxidable-304/>. [Último acceso: 17 Mayo 2020].
- [65] DIPAC, «DIPAC,» [En línea]. Available: <http://www.dipacmanta.com/ejes/ejes-aisi-304/acero-inoxidable-aisi>. [Último acceso: 17 Mayo 2020].
- [66] IVAN BOHMAN C.A., *Catálogo 2020*, Quito: BOHMAN, 2020.
- [67] R. Budynas y K. Nisbett, *Shigley's Mechanical Engineering Desing*, Décima ed., New York: McGraw Hill, 2015.



- [68] G. Ollarves, «Brico Lemar,» 25 Octubre 2017. [En línea]. Available: <https://www.bricolemar.com/blog/tipos-de-soldadura/>. [Último acceso: 17 Mayo 2020].
- [69] M. Rodríguez, «ESAB,» [En línea]. Available: [https://www.esab.com.ar/ar/sp/education/blog/proceso\\_soldadura\\_tig.cfm#:~:text=GTAW%20El%20proceso%20de%20soldadura,con%20el%20ba%C3%B1o%20de%20fusi%C3%B3n](https://www.esab.com.ar/ar/sp/education/blog/proceso_soldadura_tig.cfm#:~:text=GTAW%20El%20proceso%20de%20soldadura,con%20el%20ba%C3%B1o%20de%20fusi%C3%B3n). [Último acceso: 17 Mayo 2020].
- [70] De máquinas y herramientas, «De máquinas y herramientas,» [En línea]. Available: <https://www.demaquinasyherramientas.com/soldadura/soldadura-tig>. [Último acceso: 19 Mayo 2020].
- [71] Euromix, «Euromix,» [En línea]. Available: [https://www.academia.edu/7065688/conceptos\\_basicos](https://www.academia.edu/7065688/conceptos_basicos). [Último acceso: 18 Junio 2020].
- [72] Mosto Mat S.A., «Bolza de Mercado de Mendoza,» 23 Agosto 2004. [En línea]. Available: <https://www.bolsamza.com.ar/mercados/mostos/mosto1.pdf>. [Último acceso: 20 Agosto 2020].
- [73] G. N. Standard, Agitators and baffles for agitator vessels; types, terms and main dimensions., 1992.
- [74] K. Coker, Modeling of Chemical Kinetics and Reactor Design, Houston: Gulf Professional, 2001.
- [75] A. S. Foust, L. Wenzel, C. Clump y L. Maus, Principios de operaciones unitarias, México D.F.: Compañía Editorial Continental, 2006.
- [76] L. E. Ricaurte, *Diseño y simulación de un tanque mezclador de 10.000 galones para la elaboración de aceites lubricantes*, Guayaquil: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2016.
- [77] S. M. Walas, Chemical Process Equipment, Boston: Butterworth - Heinemann, 1990.
- [78] CNNE, «Comisión Nacional de Energía Eléctrica,» Marzo 2010. [En línea]. Available: [http://www.cnee.gob.gt/EficienciaEnergetica/FIDE/004%20M%C3%B3dulo%20IV%20\(AEE%20Motores%20de%20Inducci%C3%B3n\).pdf](http://www.cnee.gob.gt/EficienciaEnergetica/FIDE/004%20M%C3%B3dulo%20IV%20(AEE%20Motores%20de%20Inducci%C3%B3n).pdf). [Último acceso: 17 Septiembre 2020].

- [79] SKF, «SKF,» Rodamientos, [En línea]. Available: <https://www.skf.com/co/products/rolling-bearings/ball-bearings/thrust-ball-bearings/productid-51205>. [Último acceso: 9 Enero 2021].
- [80] SCHAEFFLER, «SCHAEFFLER,» [En línea]. Available: <https://medias.schaeffler.es/es/producto/rotary/rodamientos%2C-casquillos-de-friccion/rodamientos-a-bolas/rodamientos-insertables-y-poleas-tensoras-de-correa/rodamientos-insertables/uc205/p/358612>. [Último acceso: 9 Enero 2021].
- [81] R. L. Mott, Diseño de elementos de máquinas, México: Pearson, 2006.
- [82] R. L. Norton, Diseño de máquinas, México: Prentice Hall, 2011.
- [83] helloauto, «helloauto,» [En línea]. Available: <https://helloauto.com/glosario/chaveta#:~:text=Significado%20de%20chaveta,evitando%20deslizamientos%20entre%20ambas%20piezas..> [Último acceso: 10 Diciembre 2021].
- [84] Universidad de Cantabria, «Universidad de Cantabria,» [En línea]. Available: [https://ocw.unican.es/pluginfile.php/228/course/section/139/tema\\_4.1.pdf](https://ocw.unican.es/pluginfile.php/228/course/section/139/tema_4.1.pdf). [Último acceso: 11 Enero 2021].
- [85] M. Riquelme, «Web y empresas,» 24 Agosto 2017. [En línea]. Available: <https://www.webyempresas.com/diferencia-entre-costos-directos-e-indirectos/>. [Último acceso: 5 Enero 2021].
- [86] M. Riquelme, «Web y empresas,» 12 Abril 2020. [En línea]. Available: <https://www.webyempresas.com/depreciacion/>. [Último acceso: 9 Enero 2021].
- [87] Dirección Nacional Jurídica, «Servicio de rentas internas del Ecuador,» 28 Febrero 2015. [En línea]. Available: <http://www.sri.gob.ec/BibliotecaPortlet/descargar/2f052de7-67ff-43b0-bfe2-65f42db24c93/REGLAMENTO+APLICACION+DE+LA+LEY+DE+REGIMEN+TRIBUTARIO+INTERNO.pdf>. [Último acceso: 11 Enero 2021].
- [88] P. Arroyo y R. Vásquez, Ingeniería Económica, Lima: Fondo Editorial, 2017.
- [89] G. Baca Currea, Ingeniería Económica, Octava ed., Bogota: Fondo educativo panamericana.
- [90] INEC, «INEC,» Diciembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web->

inec/Inflacion/2019/Diciembre-

2019/01%20ipc%20Presentacion\_IPC\_dic2019.pdf. [Último acceso: 11 Enero 2021].

- [91] INDURA S.A., «INDURA S.A.,» [En línea]. Available: <http://www.indura.com.ec/Descargar/INDURA%20Alambre%20308LSi?path=%2Fcontent%2Fstorage%2Fcl%2Fbiblioteca%2F0c024d2e7cf048ad8fe2cb39f7ea52b5.pdf>. [Último acceso: 19 Mayo 2020].
- [92] NTN-SNR, «NTN-SNR,» 2015. [En línea]. Available: <https://eshop.ntn-snr.com/es/UCF-208-24-2253206.html>. [Último acceso: 29 Octubre 2020].
- [93] Derecho Ecuador, «Derecho Ecuador.com,» 27 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://www.derechoecuador.com/depreciaciones-de-activos-fijos>. [Último acceso: 10 Enero 2021].
- [94] M. E. Raffino, «Concepto.de,» 12 Julio 2020. [En línea]. Available: <https://concepto.de/voltaje/>. [Último acceso: 25 Noviembre 2020].

## ANEXOS


### Anexo 1

Tipos de fermentación [19].

Tipo de fermentación	Microorganismos fermentadores	Sustratos	Productos
Alcohólica o etanólica	<i>Saccharomyces cerevisiae</i> , <i>S. ellipsoideus</i> , <i>S. anamensis</i> , <i>S. carlsbergensis</i> , <i>Candida pseudotropicalis</i> , <i>Torulopsis</i> spp., <i>Mucor</i> spp., <i>Kluyveromyces fragilis</i> , <i>Sarcina ventriculi</i> , <i>Zymomonas mobilis</i>	Malta de cebada, cereales, arroz, maíz, trigo, jugo de la vid, caña de azúcar, melaza, sorgo, jugos de frutas, remolacha, suero de leche, soya	Etanol, vinos, cerveza, licores, bebidas destiladas, pan, salsas
Láctica homofermentativa	<i>Streptococcus thermophilus</i> <i>S. lactis</i> , <i>S. faecalis</i> , <i>Pediococcus cerevisiae</i> y por la mayoría de los <i>Lactobacillus</i> como <i>L. lactis</i> , <i>L. acidophilus</i> , <i>L. bulgaricus</i> , <i>L. casei</i> .	Leche, suero de leche, vegetales, sacarosa	Yogur, suero de leche, quesos, mantequilla, kumis, encurtidos
Láctica heterofermentativa	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> , <i>Lactobacillus brevis</i> y <i>L. fermenti</i> , <i>Bifidobacterium bifidus</i> .	Leche, suero de leche, vegetales, sacarosa	
Propiónica o propanoica	<i>Propionibacterium freundenreichii</i> , <i>P. shermanii</i> , <i>P. pentosaceum</i> , <i>Micrococcus lacticus</i> , <i>Clostridium propionicum</i> , entre otras	Productos lácteos, glucosa, sacarosa, lactosa, pentosas, ácido láctico, ácido málico, glicerina	Ácido propiónico, ácido acético y otros ácidos
Butírica o butanoica	<i>Clostridium butyricum</i> y <i>Clostridium</i> spp.	Polisacáridos (almidón, glucógeno, pectina), glucosa, proteínas, aminoácidos, purinas, etanol, ácido úrico, xantina	Ácidos butírico, acético, fórmico, láctico, succínico, butanol y otros alcoholes y cetonas
Fórmica o ácidomixta	<i>Enterobacter</i> spp., <i>Escherichia coli</i> , <i>Aerobacter aerogens</i> , <i>Erwinia</i> spp., <i>Serratia marcescens</i> , <i>Proteus vulgaris</i> , <i>Salmonella thyphi</i> , <i>Shigella</i> spp., y las bacterias luminosas	Glucosa o lactosa	Ácidos, acético, láctico, málico, fórmico, vinagre, glicerina y disolventes
Metánica	<i>Methanobacterium omelianskii</i> , <i>M. formicium</i> y <i>M. ruminantium</i> , <i>Methanosarcina methanica</i> , <i>M. barkeri</i> , <i>Methanococcus mazei</i> y <i>M. vannieli</i>	Alcoholes, ácidos, CO <sub>2</sub>	Gas metano
Maloláctica	<i>Leuconostoc oenos</i>	Ácido málico	Vinos blancos y rojos, cidra

## Anexo 2


Alambre sólido de acero inoxidable AWS: ER 308LSi [91].



**INDURA**  
Tecnología a su Servicio

**INDURA 308LSi**

Rev.01-010412



- Alambre sólido de acero inoxidable
- Revestimiento: No tiene

**Clasificación:**

**ASME IIC SFA 5.9/AWS A5.9**  
ER 308LSi

**Características:**


- Está diseñado para cumplir con los requisitos de los aceros inoxidables que utilizan procesos de soldadura con gas inerte (MIG y TIG).
- El bajo porcentaje de carbono en el metal depositado reduce la posibilidad de precipitación de carburos, incrementando la resistencia a la corrosión intergranular.
- Es utilizado para soldar aceros inoxidables AISI tipo 304L, 308L que pueden ser utilizados en un amplio rango de condiciones corrosivas, sin necesidad de hacer tratamientos térmicos posteriores a la soldadura.
- Aplicaciones típicas: Aceros inoxidables 308L, 304L, 308, 321 y 347.  
Equipos de proceso y almacenamiento de productos alimenticios y químicos corrosivos. Bombas, intercambiadores de calor, etc.

Análisis Típico del metal alambre (% en peso)						
C %	Mn%	Si%	P%	S%	Cr%	Ni%
0,01	2,17	0,75	0,02	0,002	19,8	10,1


Propiedades Mecánicas Típicas del Metal Depositado:	
Esf. Máx. de Tracción, MPa	Elongación (L=4d), %
580	42

Parámetros de Soldadura y Datos		
Diámetro, mm	0.9	1.2
Int. de Corr., A	125-300	155-450
Voltaje, Volts	18-32	20-34

Posición de Soldadura



CCEP



### Anexo 3

Intensidad de agitación para diferentes aplicaciones [24].



## Conceptos aplicados de agitación, Intensidad de agitación

APLICACIÓN	NA	NOTAS
Lechada de Cal. Preparación 10%	4 - 5	
Lechada de Cal. Preparación 20%	5 - 6	
Neutralización	2 - 4	
Homogeneización agentes reactivos	2 - 4	
Mantenimiento de lechadas	4 - 8	
Disolución de reactivos	3 - 4	
Mezcla rápida (Flash Mixing)	3 - 10	s/tiempo retención
Floculación	2 - 4	Móvil específico
Preparación Polielectrolitos	3 - 4	producto en polvo
Desnitrificación	2 - 4	
Decromatización	2 - 4	
Homogeneización de biosólidos	2 - 5	s/concentración
Mantenimiento en suspensión biosólidos	2 - 3	de 0 - 20% m.s
	4 - 5	de 21 - 38 % m.s
Acondicionamiento de biosólidos	5 - 7	s/concentración

12 Principios de agitación de fluidos: conceptos aplicados



## Anexo 4

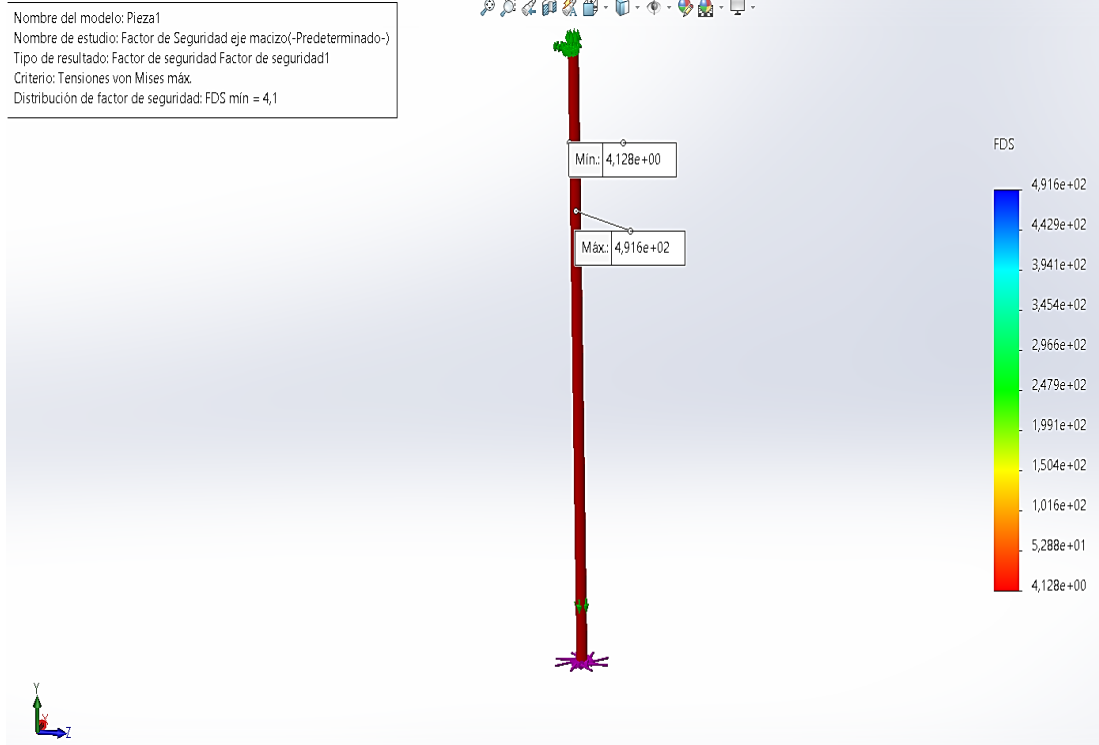
Tabla de corrosión del acero inoxidable Tipo 304 y 316 frente a diferentes factores [66].

Tablas de corrosión						
Sustancia		Temperatura		Condición	Tipo	
		°C	°F		304	316
Amoníaco	En general	21 - 100	70 - 212	Ebullición	Muy resistente	Muy resistente
	Anhidrido	43 +	109 +	Ventilado	No resistente	No resistente
	Hidróxido	-	-	Ebullición	Muy resistente	Muy resistente
Anhidrido acético	90 % anhidrido	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
	90 % anhidrido	82	180	Ventilado	Poco resistente	Mediano
Atmósfera	industrial				Muy resistente*	Muy resistente*
	marina				Resistente**	Resistente**
	rural				Muy resistente	Muy resistente
Azúcar (jugo)(libre de SO <sub>2</sub> )		21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
Bencina (benzol)		21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
Bórax solución al 5%		-	-	caliente	Muy resistente	Muy resistente
Carbonato de calcio		21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
Carbonato de sodio	5%	-	-	ebullición	Muy resistente	Muy resistente
	50%	-	-	ebullición	Muy resistente	Muy resistente
Cerveza	malta y mezcla	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
	3.5% - 4.5%	71	160	-	Muy resistente	Muy resistente
Cloro	Gas	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
	Gas seco	21	70	-	Poco resistente	Mediano
	Gas húmedo	100	212	-	No resistente	No resistente
Clorobenzina		-	-	ebullición	Muy resistente	Muy resistente
Cloroformo seco		21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
Cloruro de acético seco		-	-	caliente	Resistente	Resistente
Cloruro de aluminio		21	70	-	Poco resistente	Mediano
Cloruro de bario 5% y saturado		21	70	-	Resistente	Muy resistente
Cloruro de etileno		21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
Cloruro de etilo		21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
Cloruro de sodio	2%	21	70	ventilador	Muy resistente	Muy resistente
	saturado	-	-	ebullición	Resistente	Muy resistente
Cloruro férrico 1% saturación		21	70	-	No resistente	No resistente
Cloruro ferroso sol. saturada		21	70	-	No resistente	Mediano
Dicloroetano seco		-	-	ebullición	Muy resistente	Muy resistente
Eter		21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
Fluor (gas)		21	70	-	No resistente	No resistente
Frutas (jugos)		21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
Gasolina		21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
Hidróxido de sodio	20%	-	-	ebullición	Muy resistente	Muy resistente
	30%	-	-	ebullición	Resistente	Resistente
Jabón		21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
Leche		21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
Madera (pulpa)		21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
Monóxido de carbono		760	1400	-	Muy resistente	Muy resistente
Nitrato de sodio		871	1600	-	Muy resistente	Muy resistente
Nitrato férrico 5% destilado o gas		-	-	-	Resistente	Muy resistente
Soda Caustica		21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
Sulfato de aluminio	10%	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
	saturado	-	-	ebullición	Resistente	Muy resistente
Sulfato de amoníaco	5%	-	-	ebullición	Muy resistente	Muy resistente
	10%	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
Sulfato de cobre		-	-	caliente	Resistente	Muy resistente
Sulfito de sodio	25%	100	212	-	Muy resistente	Muy resistente
	50%	-	-	-	Muy resistente	Muy resistente
Tinta		-	-	-	Muy resistente	Muy resistente
Vegetales (jugos)		21	70	-	Resistente	Muy resistente
Vinagre	inactivo	-	-	-	Muy resistente	Muy resistente
	agitado	21	70	-	Muy resistente	Muy resistente
	caliente	-	-	-	Muy resistente	Muy resistente
Vino		-	-	-	Muy resistente	Muy resistente
Whisky escocés		24	75	-	Muy resistente	Muy resistente



## Anexo 5

Factor de seguridad del eje de transmisión, obtenido del software SolidWorks.

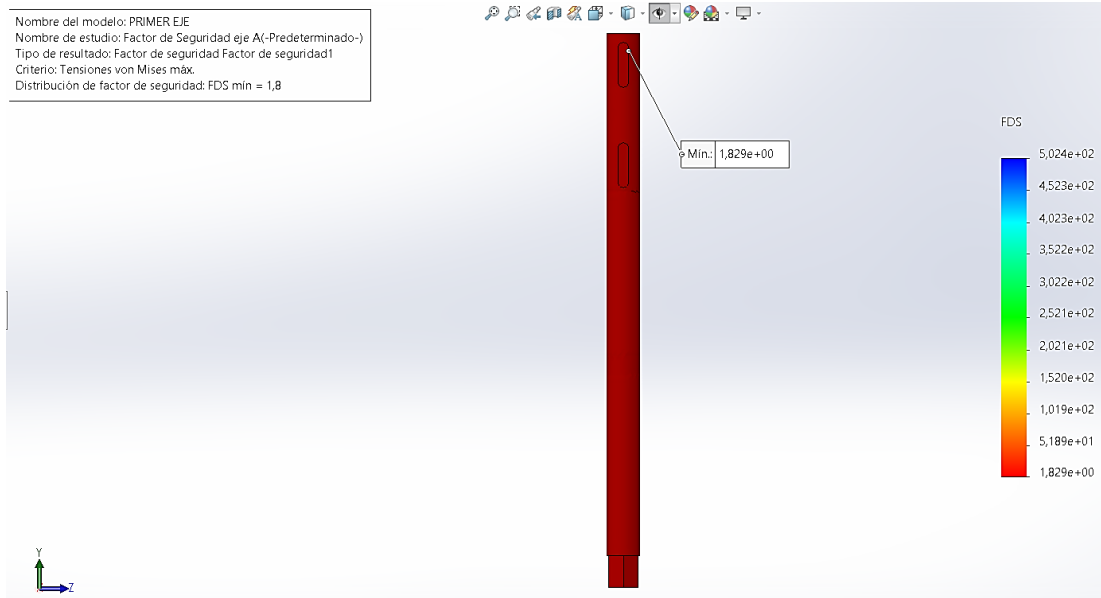




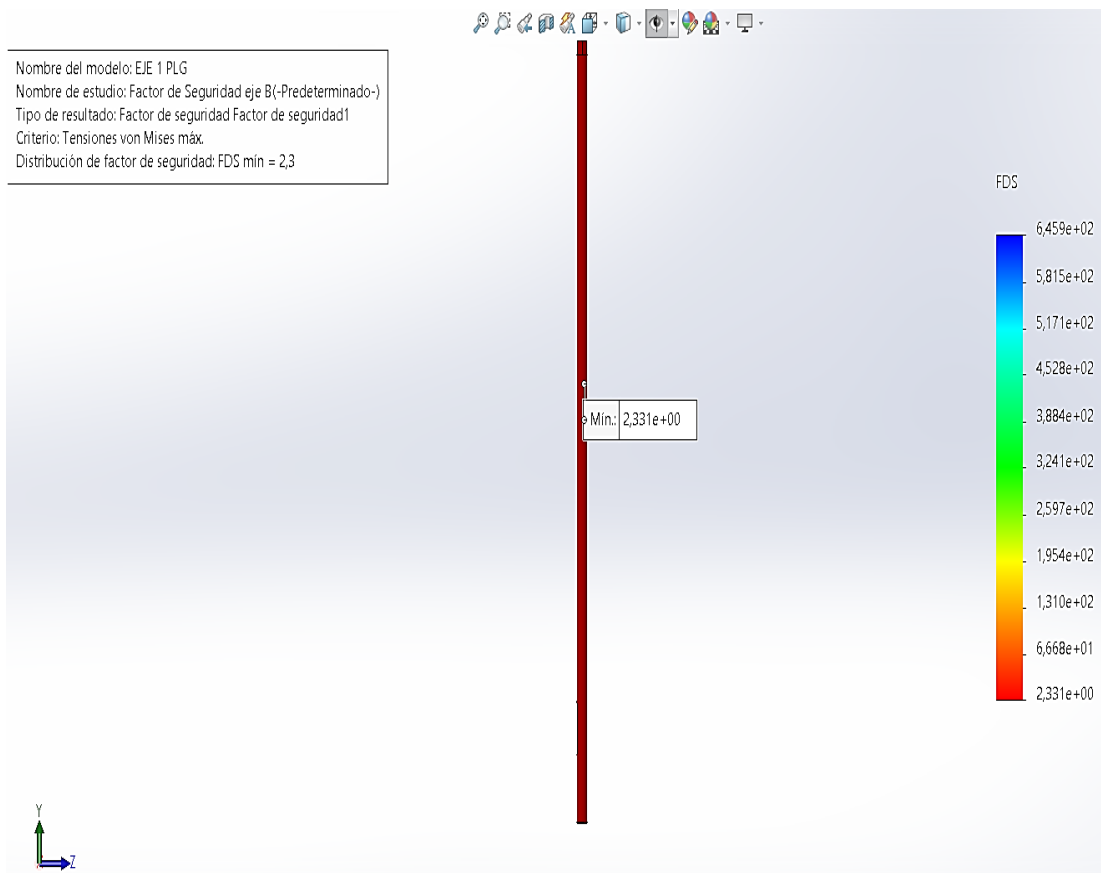
## Anexo 6

Factor de seguridad del eje de transmisión con detalles de construcción, obtenido del software SolidWorks.

- **Eje A**



- **Eje B**



## Anexo 7

Dimensiones chavetas y chaveteros 6885/1 [84].

Ø eje d mm desde- hasta	Medida chaveta b x h mm	Medidas del chavetero en el cubo				Medidas chavetero del eje para chavetas paralelas y de cuña		Medidas de los ejes en el cubo de la rueda	
		Chaveta paralela S/DIN 6885/1		Chaveta de cuña S/DIN 6886, 6887				Ø m/m desde- hasta	Tol.H-7 m/m
		d + t <sub>2</sub> m/m	Tol. admisible (en altura) m/m	d + t <sub>2</sub> m/m	Tol. admisible (en altura) m/m	t <sub>1</sub> m/m	Tol. admisible (en altura) m/m		
6-8	2x2	d+0,9	+0,1	-	-	1,1	+0,1	6-10	+0,015 0
8-10	3x3	d+1,3		-	-	1,7			
10-12	4x4	d+1,6		d+1,4	-0,1	2,4		10-18	+0,018 0
12-17	5x5	d+2,1		d+1,9		2,9			
17-22	6x6	d+2,6		d+2,1		3,5	+0,2	18-30	+0,021 0
22-30	8x7	d+3,0	+0,2	d+2,4	-0,2	4,1			
30-38	10x8	d+3,4		d+2,8		4,7		30-50	+0,025 0
38-44	12x8	d+3,2		d+2,8		4,9			
44-50	14x9	d+3,6		d+2,9		5,5		50-80	+0,030 0
50-58	16x10	d+3,9		d+3,2		6,2			
58-65	18x11	d+4,3		d+3,5		6,8		80-120	+0,035 0
65-75	20x12	d+4,7		d+3,9		7,4			
75-85	22x14	d+5,6		d+4,8		8,5		120-180	+0,040 0
85-95	25x14	d+5,4		d+4,6		8,7			
95-110	28x16	d+6,2		d+5,4		9,9	+0,3	180-250	+0,046 0
110-130	32x18	d+7,1		d+6,1		11,1			
130-150	36x20	d+7,9		d+6,9		12,3		250-315	+0,052 0
150-170	40x22	d+8,7		d+7,7		13,5			
170-200	45x25	d+9,9		d+8,9		15,3		315-400	+0,057 0
200-230	51x28	d+11,2		d+10,1		17			
230-260	56x32	d+12,9		d+11,8		19,3	+0,3	400-500	+0,063 0
260-290	63x32	d+12,6	+0,3	d+11,5	-0,3	19,6			

Zonas de tolerancia en el ancho de los chaveteros	Tipo de ajuste		Chavetero eje	Chavetero rueda
	A presión (forzado) <i>forced</i>		P9	P9
	Ligero		N9	J9
	Deslizante		H8	D10

## Anexo 8

Hoja técnica de la caja reductora proporcionada por el proveedor Megamotors equipment, según el fabricante este equipo reduce a 17 rpm, lo cual se constato al probar el mismo.

### Eficiencia

P1 (Kw)	n2 (1/min)	M2 (Nm)	Ls.	i	Size	PAM	Fr2 (N)	η	
0.37	180.0	17	4.3	5	FCN	50	80	1827	0.87
	120.0	25	3.3	7.5				2091	0.85
	90.0	33	2.5	10				2302	0.84
	60.0	47	1.8	15				2635	0.80
	45.0	60	1.3	20				2900	0.76
	36.0	72	1.0	25				3124	0.73
	30.0	80	1.1	30				3320	0.68
	35.0	71	2.1	40	FCN	63	71	4122	0.70
	28.0	83	1.6	50				4440	0.66
	23.3	94	1.4	60				4719	0.62
	17.5	115	1.1	80				5193	0.57
	14.0	129	0.9	100				5595	0.51
	45.0	60	2.4	20	FCN	63	80	3791	0.76
	36.0	74	1.9	25				4084	0.75
	30.0	82	2.1	30				4339	0.70
	22.5	102	1.6	40				4776	0.65
	18.0	120	1.2	50				5145	0.61
	15.0	137	1.0	60				5467	0.58
	18.7	134	1.2	73.5	PC71-FCN	63	71	5083	0.71
	15.6	148	1.4	88.2				5401	0.65
	11.7	185	1.0	117.6				5945	0.61
	9.3	212	0.8	147				6270	0.56
	9.3	181	1.3	300	FCN	030/063	71	6270	0.48
	7.0	236	1.0	400				6270	0.47
	23.3	98	2.0	60	FCN	75	71	5569	0.65
	17.5	121	1.6	80				6130	0.60
	14.0	139	1.3	100				6603	0.55
	18.0	126	1.8	50	FCN	75	80	6073	0.64
	15.0	144	1.5	60				6453	0.61
	11.3	173	1.2	80				7103	0.55
	9.0	196	1.0	100				7380	0.50
	18.7	138	1.8	73.5	PC71-FCN	75	71	6000	0.73
	15.6	154	1.9	88.2				6375	0.68
	11.7	191	1.5	117.6				7017	0.63
	9.3	223	1.1	147				7380	0.59
	7.8	254	0.9	176.4				7380	0.56
	12.0	206	1.6	75	PC80-FCN	75	80	6952	0.70
	10.0	230	1.7	90				7380	0.65
	7.5	283	1.3	120				7380	0.60
	6.0	324	1.0	150				7380	0.55
	4.7	405	1.0	300	FCN	040/075	71	7380	0.54
	3.5	498	0.7	400				7380	0.49
	11.3	185	1.7	80	FCN	90	80	7859	0.59
	9.0	212	1.3	100				8180	0.54
	7.8	268	1.5	176.4	PC71-FCN	90	71	8180	0.59
	5.8	321	1.1	235.2				8180	0.53
	4.7	371	0.9	294				8180	0.49

## Anexo 9

Manual de operación de un agitador semiautomático para una marmita de 1000lt de capacidad.

### Indicaciones generales

- Por seguridad del operador seguir las indicaciones de este manual. Si surge algún imprevisto consultar a un técnico especialista.

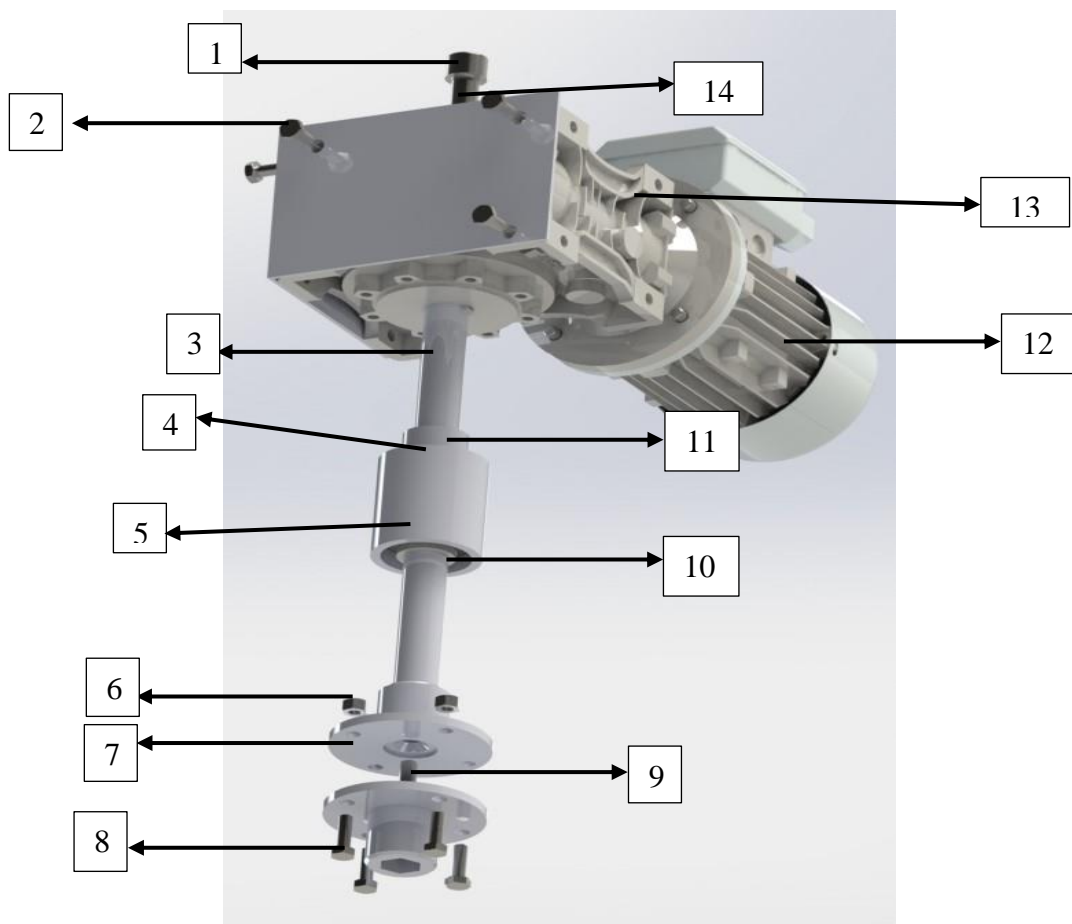


- No manipular ningún elemento del sistema mientras esté funcionando, debido a que puede haber riesgo de atrapamiento

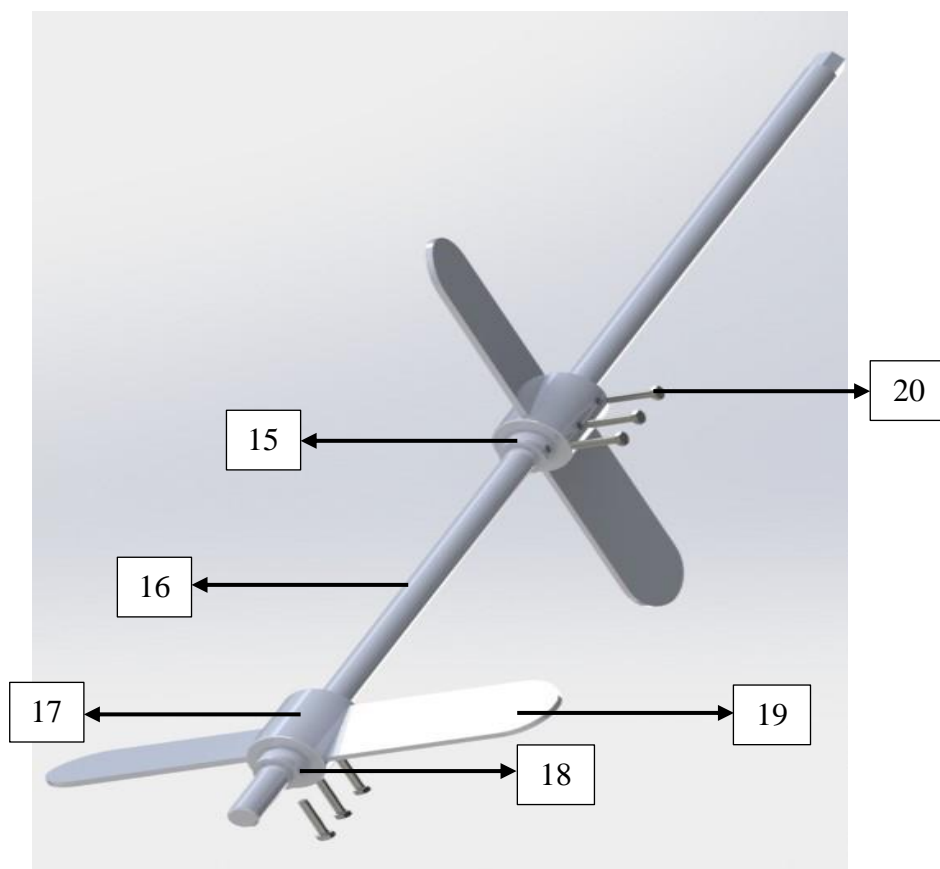


### 1. Especificaciones de las piezas y partes del agitador

#### Sección a



## Sección b



- |   |   |
|---|---|
| <b>1.</b> Perno Allen M16 x 2 x 40              | <b>11.</b> Tope B                         |
| <b>2.</b> Perno hexagonal M8 x 1,25 x 16        | <b>12.</b> Motor monofásico 0,5 HP        |
| <b>3.</b> Eje parte A                           | <b>13.</b> Caja reductora                 |
| <b>4.</b> Rodamiento 51205                      | <b>14.</b> Tope A                         |
| <b>5.</b> Buje                                  | <b>15.</b> Tope C                         |
| <b>6.</b> Tuerca M8                             | <b>16.</b> Eje B                          |
| <b>7.</b> Brida                                 | <b>17.</b> Manzana para hélices           |
| <b>8.</b> Perno hexagonal M8 x 1,25 x 25        | <b>18.</b> Tope B                         |
| <b>9.</b> Perno cabeza avellana M10 x 1,50 x 25 | <b>19.</b> Hélice                         |
| <b>10.</b> Rodamiento UC205                     | <b>20.</b> Perno hexagonal M8 x 1,25 x 40 |

## **2. Montaje**

Para el montaje es necesario que la persona capacitada este con todos los implementos de seguridad y disponer entre sus herramientas lo siguiente:

- 2 llaves hexagonales N°8
- Llave Allen N° 16 y N°10

El montaje se dividirá en dos partes sección a y sección b.

### **Sección a**

- 2.1.** Colocar y ajustar la caja reductora (13) junto al motor (12) en la base con los pernos (2) y tuercas (6) utilizando las llaves hexagonales N°8.
- 2.2.** Introducir los rodamientos (4,10) en el buje (5).
- 2.3.** Colocar el buje en el eje hasta el tope B (11).
- 2.4.** Introducir una de las bridas (7) en la base hexagonal del eje (3) y ajustar con el perno cabeza avellanada (9) con el uso de la llave Allen N°10.
- 2.5.** Colocar el eje (3) con todos sus elementos en el agujero de servicio de la caja reductora (13).
- 2.6.** Unir y ajustar el tope A (14) con la parte superior del eje (3) a través del perno Allen (1) con el uso de la llave Allen N°16.

### **Sección b**

- 2.7.** Introducir la manzana (17) con sus respectivas hélices (19) hasta el chavetero con su chaveta superior y ajustar con dos pernos (20).
- 2.8.** Introducir el tope C (15) en el eje (16) hasta la manzana del punto 2.7 y ajustar con un perno (20).
- 2.9.** Repetir el procedimiento con la segunda manzana y tope C sobrantes.
- 2.10.** Unir la brida (7) con la brida del eje (3) y ajustar con los pernos (8) y las tuercas (6) con las llaves hexagonales N°8.

## **3. Desmontaje**

Para el desmontaje es necesario que la persona capacitada este con todos los implementos de seguridad y disponer entre sus herramientas lo siguiente:

- 2 llaves hexagonales N°8
- Llave Allen N° 16 y N°10

- 3.1. El elemento principal para poder desmontar el equipo son las bridas (7), a las mismas que se las deben aflojar las tuercas (6) a través de las llaves hexagonales N° 8, teniendo en cuenta que el eje tiene que estar sujeto con elementos externos (manos, sogas, entre otros).
- 3.2. Retirar el eje (16), para posteriormente retirar las manzanas (17) y los topes (15), desprendiendo los pernos (20) con la llave hexagonal N°8.
- 3.3. Aflojar y retirar el perno (9) de la brida (7) del eje (3) con la llave Allen N°10 y posteriormente retirar la brida (7).
- 3.4. Retirar el buje (5).
- 3.5. Aflojar y retirar el perno (1) junto al tope A (14) con la llave Allen N°16.
- 3.6. Desprender el eje (3) de la caja reductora (13).
- 3.7. Aflojar y retirar los pernos (2) y tuercas (6) de la base de la caja reductora y retirar la caja reductora (13) junto al motor (12).

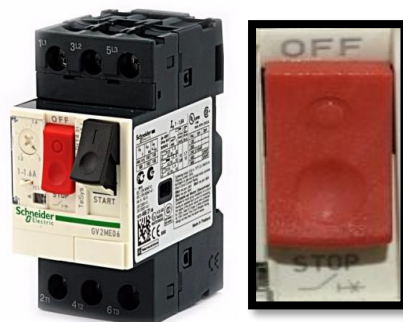
#### 4. Puesta en marcha

Antes de poner en marcha el agitador, es imprescindible realizar las siguientes acciones:

- Comprobar que todos los elementos estén ajustados y en el sitio.
- Verificar que dentro de la marmita no haya ningún elemento ajeno a la mezcla, que pueda chocar con los impulsores, manzanas o elementos de sujeción.

Luego de las acciones mencionadas se establece el siguiente proceso para la puesta en marcha.

- 4.1. Verificar que este accionado el botón rojo (OFF) del guardamotor.





**4.2.** Realizar una inspección de la conexión eléctrica y de los elementos del sistema

**4.3.** Conectar el enchufe en el cajetín 220v



**4.4.** Presionar el botón negro (ON) del guardamotor.



**4.5.** Al culminar el proceso de mezclado presionar el botón rojo (OFF) del guardamotor y desconectar el enchufe.

**4.6.** Si se presenta algún inconveniente y se requiere parar el proceso presionar el botón rojo (OFF-STOP).

## **5. Mantenimiento**

Un plan de mantenimiento está formado de acciones que se deben realizar en ciertos elementos en un determinado lapso, para extender la vida útil de una máquina garantizando así la fiabilidad y un correcto funcionamiento.

Para el caso del agitador se establece un mantenimiento preventivo, el cual consiste en adelantarse a posibles desperfectos de la máquina, evitando así paros de producción inesperados, baja eficiencia entre otras.

**5.1.** Verificar que el botón de OFF este activado



**5.2.** Tener las herramientas adecuadas para realizar la limpieza, cambio, ajuste o lubricación según indique la Tabla de control de mantenimiento.

**5.3.** Desenergizar el equipo mediante la desconexión del enchufe.

**5.4.** Si es el caso del rodamiento

- **Limpiar:** Con una brocha retirar el polvo u otro elemento que se encuentre en su exterior.
- **Lubricar:** La película lubricante se la debe realizar con grasa.
- **Reemplazo:** Comprobar que sea el rodamiento correcto, ubicarlo con precaución y en el lugar indicado.

**5.5.** Si es el caso del motor y caja reductora

- **Limpiar:** Con una brocha retirar el polvo u otro elemento que se encuentre en su exterior.
- **Lubricar:** La película lubricante se la debe realizar con aceite, ubicar de manera generosa en los engranajes y uniones.
- **Ajuste pernos:** Debido a las vibraciones puede presentarse que se aflojen los pernos, por lo que, con la herramienta adecuada se debe realizar sus ajustes sin exagerar en su apriete.
- **Verificar conexiones:** Es importante revisar las conexiones eléctricas de la caja del motor hacia su lugar de control (guardamotor).

**5.6.** Si es el caso del cableado eléctrico

- **Verificar conexiones:** Es importante dar una revisión visual al cableado para verificar si no hay alguna parte en malas condiciones o haya surgido algún percance en esta.

**5.7.** Si es el caso de los elementos de sujeción

- **Ajuste:** Debido a las vibraciones puede presentarse que se aflojen los pernos, por lo que, con la herramienta adecuada se debe realizar sus ajustes sin exagerar en su apriete.

**Tabla de control de mantenimiento**

Ítem	Elemento	Actividad	Año 1												Año 2												Año 5	
			Meses												Meses													
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	Rodamiento 51205	Limpieza				x				x				x				x				x				x		
		Lubricación												x												x		
		Reemplazo																									x	
2	Rodamiento UC 205	Limpieza				x				x				x				x				x				x		
		Lubricación												x												x		
		Reemplazo																									x	
3	Motor monofásico	Verificar conexiones								x								x								x		
		Limpieza									x							x								x		
		Ajuste pernos									x							x									x	
4	Caja reductora	Limpieza								x								x									x	
		Lubricación									x							x									x	
		Ajuste pernos									x							x									x	
5	Cableado eléctrico	Verificar conexiones						x						x						x						x		
6	Elementos de sujeción	Ajuste				x				x				x				x				x				x		

## Anexo 10

Evidencias fotográficas de la construcción y montaje.

**Foto 1.** Fresado del hexágono en el interior de la brida.



**Foto 2.** Torneado de una de las manzanas para las hélices.



**Foto 3.** Verificación de las medias de la manzana de la hélice.



**Foto 4.** Pulido de hélice.



**Foto 5.** Ensamblado de verificación del eje de transmisión (a)



**Foto 6.** Ensamblado de verificación del eje de transmisión (a)





**Foto 7.** Ajuste de pernos de caja reductora con su respectiva base



**Foto 8.** Conexión eléctrica del motor.



**Foto 9.** Soldadura del buje en la marmita.



**Foto 10.** Ubicación del bastidor en la marmita.



**Foto 11.** Montaje finalizado del agitador.



**Foto 12.** Interior de la marmita con agitador implementado.



**Foto 13.** Entrega del equipo.

